A SCUOLA CON IL COMPUTER

EGIDIO PENTIRARO

A SCUOLA CON IL COMPUTER

Storia programmi applicazioni

Non è possibile ignorare, oggi, la cultura dell'elaboratore, che rappresenta nella società dell'informazione ciò che era il motore in quella industriale. Per le generazioni più giovani, poi, il computer ha una valenza estremamente positiva: non solo è entrato come protagonista nell'attività del tempo libero, ma sta prendendo un posto di rilievo nel campo delle applicazioni didattiche. E qui l'esperienza di Pentiraro - che da sempre si occupa di problemi di formazione e che di recente ha approfondito lo studio dell'applicazione degli elaboratori alla didattica - fa senz'altro testo.
Nel libro ripercorriamo così la storia dell'informatica dalle prime macchine calcolatrici agli home e personal computer, dalla telematica al videotel, alla robotica, alla burotica, seguendo passo passo le crescenti applicazioni che il computer trova nel lavoro, nel tempo libero e in particolare nella scuola. Imparare con il computer non significa quindi solo avere uno strumento incredibilmente più efficace e potente di apprendimento, ma apre possibilità nuove, ancora tutte da esplorare, alla stessa organizzazione della mente umana.

Egidio Pentiraro

A scuola con il computer

La sfida della seconda alfabetizzazione

© 1983, Gius. Laterza & Figli Spa

Edizione CDE spa - Milanc
su licenza della Gius. Laterza & Figli

Impariamo di più
quando dobbiamo inventare

Jean Piaget

Parte prima

LE PRIME GENERAZIONI DELLA SOCIETÀ DELL'INFORMAZIONE

Capitolo primo

UNA MACCHINA PER INSEGNARE: L'ELABORATORE

Un po' di storia

A scuola con l'elaboratore: non ci pensavano di certo i progettisti, i ricercatori, i tecnici, gli scienziati, i militari e i politici che il 15 febbraio del 1946 alla Moore School of Electrical Engineering dell'Università di Pennsylvania assistevano alla cerimonia di inaugurazione dell'ENIAC, il primo elaboratore interamente elettronico della storia.

« Entro i limiti posti dai requisiti della sicurezza nazionale, verrà fatto ogni sforzo per far sì che la grande utilità potenziale di questo imponente strumento scientifico sia recepita il più ampiamente possibile... Premendo i tasti opportuni su questo quadro di comando, io inizierò simbolicamente la soluzione del primo problema che destinerà la macchina a una carriera di utilità scientifica » [1]. Con queste parole del suo discorso inaugurale il generale Gladeon M. Barnes, capo dell'Ufficio ricerche e sviluppo del Comando di Artiglieria, aveva tuttavia lasciato intravedere le possibilità di utilizzazione della macchina anche in campi diversi da quello militare e strategico. Né alla comunità scientifica americana era certo sfuggita l'importanza dell'ENIAC e molti scienziati come Robert Oppen-

[1] Il brano e i dati tecnici che seguono sono tratti da Herman H. Goldstine, *Il computer da Pascal a von Neumann*, Etas Libri, Milano 1981, pp. 261 e 184. Goldstine, matematico e tecnologo, è stato uno dei collaboratori di John P. Eckert e John W. Mauchly che dal 1943 al 1946 furono i principali artefici di ENIAC.

heimer, John von Neumann, Edward Teller, Enrico Fermi, per citare i più noti, non persero l'occasione di visitare la Moore School e di vedere quell'imponente colosso che si prospettava tanto interessante per le sue capacità di calcolo.

L'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) era enorme; lungo 30 metri, alto 3, profondo 1, richiedeva una disponibilità di spazio pari a quella di diverse nostre aule scolastiche sommate insieme. Impiegava 18.000 valvole o tubi elettronici, certamente più efficaci dei relè usati in precedenza, collegati in un circuito che impiegava 70.000 resistori, 10.000 condensatori e 6.000 interruttori. Quando era in funzione assorbiva 140 kilowatt, la potenza necessaria per far funzionare l'impianto elettrico e tutti gli apparecchi elettrodomestici di una quarantina di appartamenti moderni. L'esercito statunitense, e precisamente il Laboratorio per le ricerche balistiche di Aberdeen, che prese in carico l'ENIAC il 9 novembre 1946, dovette costruire un edificio per ospitarlo; l'elaboratore funzionò a Aberdeen fino alle 23,45 del 2 ottobre 1955, quando l'incalzante progresso in campo elettronico ne impose lo smantellamento. Ora una parte dell'ENIAC è esposta a Washington alla Smithsonian Institution, uno dei musei scientifici più ricchi e più importanti del mondo.

Il costo dell'ENIAC era stimato circa dieci milioni di dollari, una somma che nessun sistema scolastico avrebbe mai potuto permettersi. Oggi un calcolatore di capacità equivalente è grande come un libro, si può acquistare dovunque con qualche centinaio di migliaia di lire, ha un consumo minimo di energia, ed è quindi alla portata di tutti, anche di una scuola. Questi due estremi danno la misura e il senso di un cambiamento straordinario, avvenuto in un intervallo relativamente breve, poco meno di 40 anni. Un cambiamento che ha mutato quasi tutto della macchina, ma non i suoi princìpi di funzionamento che sono prima di tutto quelli della logica binaria, fondata sui simboli 0 e 1, gli stessi dell'algebra che il matematico inglese George Boole compendiava nel 1854, nel

suo famoso libro intitolato *An Investigation of the Laws of Thought, on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probability.*

Di pari passo con gli impieghi nei campi più diversi, si cominciava a studiare e a sperimentare l'applicazione dell'elaboratore all'istruzione. Ci si rendeva conto che il computer poteva essere uno strumento di straordinaria efficacia se impiegato come macchina per insegnare e accanto alle utilizzazioni scientifiche e gestionali gradualmente si tentavano le prime applicazioni alla didattica, con uno sviluppo crescente fino ai giorni nostri.

Le tappe più significative dell'evoluzione degli elaboratori hanno coinciso anzi con gli sviluppi più significativi delle applicazioni alla didattica, al punto che accanto a apparati sperimentali si sono sviluppati nuovi apparati teorici che hanno condotto alla formazione di una nuova tecnologia didattica prima e alla nuova pedagogia dell'elaboratore poi.

Per comprendere la dimensione e la portata di questo sviluppo vale la pena di accennare brevemente ai momenti più significativi della evoluzione dell'elaboratore elettronico. Ritorniamo quindi alla storia dell'elaboratore e ai primi elaboratori che si basavano sulla tecnologia delle valvole per vedere, per sommi capi e in modo che si possa tracciare un quadro generale di riferimento, quali effetti essi abbiano avuto sull'educazione. Una trattazione più approfondita delle applicazioni dell'elaboratore alla didattica sarà svolta successivamente nel corso del libro e in particolare nella parte seconda.

L'ENIAC non nasce dal nulla; i fondamenti teorici del calcolo automatico datano da alcuni secoli prima e si trovano nelle opere di Leibniz, Pascal, Boole e Babbage. La teorica « macchina di Turing », dal nome di Alan Turing, un matematico inglese, è del 1937 e si può considerare come un vero e proprio progetto di calcolatore. Il primo calcolatore elettromeccanico, lento e inattendibile. Mark 1, viene realizzato nel 1944 nella Università di Harvard, ma già nel 1945 John von Neumann concepisce l'idea del calcolatore a programma memorizzato,

cioè governato da istruzioni immagazzinate in una memoria. È il concetto dell'elaboratore moderno, i cui prototipi saranno realizzati poco dopo l'ENIAC nel 1949 presso l'Università di Cambridge, in Inghilterra, e anche negli Stati Uniti.

L'UNIVAC I, il primo elaboratore elettronico che funziona secondo il principio di von Neumann e che viene prodotto in serie, data dal 1951. Tutti gli elaboratori, da allora in poi, funzioneranno secondo i princìpi della macchina di von Neumann.

Al tempo dell'elaboratore a valvole, cioè degli elaboratori della prima generazione — come è d'uso chiamarli — si sviluppa anche una nuova disciplina che è destinata ad assumere un'importanza e un rilievo notevoli, tanto da estendere i suoi effetti sino a oggi. Ci si riferisce a quegli studi teorici conosciuti con il termine inglese *cybernetics* [2], in italiano ' cibernetica '. Il lemma risale al greco antico e significa etimologicamente « arte del timoniere ». È sottinteso che si tratta dell'arte del controllo e del comando delle nuove macchine automatiche. Sulla base delle analogie di funzionamento del sistema nervoso animale, questa disciplina si prefigge lo studio e la costruzione di macchine capaci di imitare il funzionamento del cervello umano. I primi anni della storia degli elaboratori sono caratterizzati, così, più che da decisive realizzazioni dal fiorire di importanti studi teorici. È in questo momento che l'elaboratore impara a giocare a scacchi, ma soprattutto è in questo quadro che prendono slancio le ricerche sull'apprendimento che sono alla base delle applicazioni degli elaboratori alla didattica.

Passano poco più di dieci anni dal 1946, cioè dalla

[2] Il termine si deve a Norbert Wiener che nel 1948 pubblicò l'ormai classico *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, trad. it. *La cibernetica*, Il Saggiatore, Milano 1968, 1982. Wiener è tra gli autori di un'importante antologia dal titolo *La filosofia degli automi*, pubblicata da Boringhieri nel 1965, dove compaiono saggi di Turing, Sherrington, Ryle e i famosi saggi ' Il calcolatore e il cervello ' e ' La logica degli automi e la loro autoriproduzione ' di John von Neumann.

nascita dell'ENIAC, e si determina il primo grande cambiamento innovativo che imprime un nuovo corso e una accelerazione allo sviluppo e alla diffusione degli elaboratori: il transistor viene impiegato al posto della valvola. I primi elaboratori transistorizzati prodotti su larga scala datano dal 1958; si conclude un'epoca, quella della prima generazione degli elaboratori, e ne inizia una nuova. Il transistor rappresenta il discrimine tra la prima e la seconda generazione degli elaboratori. Con l'introduzione di questo blocchetto di silicio, un materiale semiconduttore, contenente impurità che ne alterano la conducibilità elettrica, il calcolatore diventa relativamente più economico, più compatto e più veloce. Questo grazie al fatto che il silicio è uno degli elementi più diffusi in natura; che la tecnologia di costruzione dei vari tipi di transistor o semiconduttori è molto semplice; e che la dimensione del transistor rispetto al tubo elettronico è molto ridotta ed è molto bassa la quantità di energia assorbita.

All'inizio degli anni '60 l'architettura degli elaboratori è tale che sembra incoraggiare la costruzione di macchine di grandi dimensioni. Ciò porta allo sviluppo di sistemi con elevatissime capacità di elaborazione concentrate in un solo punto, che possono essere usati da utenti periferici attraverso le linee telefoniche e con le tecniche d'uso della ripartizione di tempo (*time sharing*) e della multiprogrammazione. Al centro quindi esiste un elaboratore di grandi dimensioni e alla periferia terminali dotati solamente della capacità di immissione o emissione di dati (*input/output*). È in questo stesso periodo che si cominciano a registrare i primi significativi progressi nelle applicazioni dell'elaboratore alla didattica nelle università e presso i laboratori delle grandi case costruttrici.

Nel 1958 l'IBM presso il suo centro di ricerca Watson della Columbia University di New York, apre la serie delle sperimentazioni nel campo, mentre con l'impiego dell'elaboratore a ripartizione di tempo si mettono a punto tecniche di istruzione individualizzata.

Un ulteriore importante cambiamento si prepara tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '70 quando si

passa dall'impiego di componenti a semiconduttore montati singolarmente (e poi in blocchi compatti) su supporti isolanti alla cosiddetta tecnologia monolitica: in essa i componenti vengono ricavati direttamente nel supporto incidendo opportunamente, con tecniche raffinate, una scheggia di silicio monocristallino di dimensioni ridotte (circa un centimetro di lato).

La microminiaturizzazione

Lo sviluppo di questa tecnologia, e il raggiungimento di dimensioni microscopiche per questi circuiti, hanno rappresentato un passo determinante nella storia dell'evoluzione dei computer; tanto che alcuni vedono nell'introduzione dei circuiti integrati il momento di passaggio dalla seconda alla terza generazione degli elaboratori, mentre altri la riconducono all'evoluzione delle tecniche di programmazione che si andava compiendo in quel periodo. Certo è che le dimensioni ridotte dei circuiti integrati hanno avuto un peso determinante nello sviluppo degli elaboratori, accentuando notevolmente i vantaggi portati dall'introduzione del transistor; aumentando la velocità di elaborazione in quanto minor spazio significa minor tempo necessario per aprire e chiudere circuiti; e infine diminuendo ulteriormente i costi.

I vantaggi consentiti dalla microminiaturizzazione dei circuiti e dalla comparsa di elaboratori di piccole dimensioni, detti « minielaboratori », portarono nei sistemi informativi a costi di elaborazione ben più bassi dei costi di gestione delle linee telefoniche. Ciò favorì la concentrazione periferica delle elaborazioni su sistemi che avevano, nonostante le dimensioni, notevoli capacità operative. Così i minielaboratori furono impiegati anche come terminali intelligenti che permettevano di accedere alle risorse dell'elaboratore centrale.

Parallelamente alla introduzione dei circuiti integrati si pensò alla loro specializzazione funzionale. Nel 1971 la Intel, una società americana di microelettronica — come

si chiamò la nascente tecnologia costruttiva — progettò un circuito integrato di tipo nuovo che riuniva tutte le funzioni di elaborazione di un calcolatore. La caratteristica fondamentale di questo microcircuito era data dalla possibilità di programmarlo come un vero e proprio calcolatore. Nasceva così il microprocessore.

Il cuore dell'elaboratore, l'unità centrale di elaborazione o CPU (Central Processing Unit), poteva essere ridotto in un blocchetto lungo qualche centimetro, con una quarantina di piedini per i collegamenti. Questo millepiedi elettronico è il protagonista della rivoluzione avvenuta a partire dal 1975 nel campo degli elaboratori; rivoluzione che ha portato anche allo sviluppo di macchine che vengono chiamate con una serie di sinonimi, che useremo indifferentemente nel corso del volume: microcalcolatori, personal computer o elaboratori personali; cioè elaboratori per uso individuale. Siamo alla quarta generazione degli elaboratori.

Ma le innovazioni non sono mancate nemmeno nel campo dei grandi sistemi, dove si è passati perlopiù da una struttura centralizzata a una distribuita. Le capacità di elaborazione e di memoria cioè non sono più concentrate in unità molto potenti a cui fanno capo i terminali, ma vengono suddivise in più punti della rete informatica e possono quindi concretizzarsi assumendo la forma di piccole unità di elaborazione, terminali « intelligenti », archivi locali ecc.

Oggi è certo che l'evoluzione degli elaboratori non si arresterà. Lo si può affermare, dal momento che la ricerca programmata ha già individuato in più direzioni progetti, prototipi e tecnologie, collegate all'elaboratore, molto interessanti. È inoltre già noto, sperimentalmente, uno dei dispositivi che sostituiranno in alcuni computer la tecnologia di elaborazione basata sui semiconduttori. Si tratta di un microscopico interruttore che, come le valvole e i transistor, si può trovare alternativamente su due posizioni, rappresentabili con 0 e 1, e consente quindi tutte le applicazioni della logica binaria in base alla quale hanno funzionato e funzionano tutti gli elaboratori. Co-

nosciuto con il nome di ' giunzione Josephson ', da Brian D. Josephson, che lo scoprì nel 1962, esso ha reso possibile la realizzazione di un microcircuito che consente la progettazione di elaboratori la cui velocità è fantastica. Si potranno compiere fino a 10 miliardi di operazioni al secondo sfruttando le proprietà elettriche di superconduzione che hanno certi metalli, quando vengono portati a temperature vicine allo zero assoluto.

A che cosa serve tanta velocità? È lecito chiederselo in quanto sembrano già sufficientemente veloci gli elaboratori di oggi.

In primo luogo la velocità serve per nuove e ancor più ardue applicazioni scientifiche; ma anche per suggestive applicazioni commerciali, come ad esempio il riconoscimento e l'utilizzo diretto della voce per programmare; oppure per aumentare le capacità di elaborazione quando la massa dei dati e le loro variazioni sono molto elevate. Ciò avviene, ad esempio, nel campo delle previsioni meteorologiche; o anche quando si trattano i dati delle tempeste economiche che si abbattono ormai troppo spesso sui sistemi nazionali. L'impiego diffuso di questo tipo di elaboratori « freddi » è atteso a partire dall'inizio degli anni '90.

Il cambiamento incessante che riguarda le macchine non deve far pensare che, soprattutto a scuola, non valga la pena di studiare l'informatica dal momento che gli elaboratori che i ragazzi useranno saranno diversi da quelli di oggi. Niente di più sbagliato. Anche le macchine del futuro funzioneranno in base agli stessi princìpi che da sempre sono a fondamento della costruzione di elaboratori. Sono questi princìpi che vanno portati nella scuola, perché gli studenti li apprendano con sicurezza e li usino senza timori di obsolescenza. Per convincersene basta fare riferimento all'esperienza di qualsiasi quarantenne che si occupi ancora oggi di elaboratori e di informatica e che abbia iniziato a interessarsene ai tempi dell'università. Non ce n'è nessuno che non sia pronto a confermare che, se è vero che le macchine sono cambiate, è altrettanto

vero che non sono mutati i princìpi dell'informatica alla loro base.

Non calcolatore, ma elaboratore

Nati per fare calcoli, soprattutto in campo militare e scientifico, gli elaboratori furono ben presto applicati alla gestione di informazioni non numeriche, come lo sono molte elaborazioni relative a dati di gestione aziendale o economici. Confrontare realtà non numeriche, per ottenere altre informazioni su queste realtà, immagazzinarle, riutilizzarle nel tempo e nello spazio a velocità sempre maggiori: ecco un impiego del computer che ha giocato un ruolo di crescente importanza negli ultimi anni e che è destinato ad averne uno sempre maggiore in futuro. Elaborare informazioni quindi è uno degli impieghi più diffusi dei computer.

In italiano i termini 'calcolatore ' e ' elaboratore ' sono sinonimi; tuttavia, sebbene ' calcolatore ' sia di uso più corrente, sembra che si debba preferire il termine ' elaboratore ' in quanto termine più generale e comprensivo. Nella lingua francese la parola inglese ' computer ' — anche in francese come in italiano è entrata come neologismo — viene resa con ' ordinateur '. Il vocabolo privilegia uno degli aspetti operativi della macchina, quello di ordinare — in sequenza — operazioni, dati numerici, indici alfabetici ecc., consentendone il confronto e la riutilizzazione.

È con una certa sorpresa che chi si avvicina per la prima volta all'elaboratore si accorge che questa macchina non è stata costruita per compiere solamente calcoli numerici e che, al contrario, il suo impiego più interessante consiste nella possibilità di gestire e elaborare informazioni. Se questo concetto non risultasse subito chiaro, si pensi a qualche esempio di applicazione concreta, come al servizio anagrafico comunale automatizzato di una grande città. Anche dagli sportelli degli uffici periferici,

in pochi istanti, si possono ottenere documenti (informazioni) relativi ai membri della popolazione residente e ciò non ha nessun rapporto diretto con l'esecuzione delle quattro operazioni.

Esempi di questo genere si possono trovare a centinaia attorno a noi: in azienda quando si catalogano i pezzi a magazzino, nell'agenzia viaggi quando si prenota un posto in treno o in aereo, in tipografia quando si compone un testo con le nuove macchine fotocompositrici che hanno sostituito le vecchie linotype.

Anche nelle più moderne tipografie ci sono molte novità, persino rispetto alle nuovissime macchine fotocompositrici; ne è un esempio il sistema studiato e realizzato da Donald E. Knuth presso l'Università di Stanford, e sviluppato in Italia grazie al ruolo propulsivo svolto da Giovanni Degli Antoni e dai suoi collaboratori dell'Istituto di cibernetica dell'Università degli Studi di Milano, nell'ambito di un progetto di ricerca che ha visto la partecipazione dell'ENEL e della Honeywell Information Systems Italia.

Il sistema si chiama TEX e si pronuncia *tech* in quanto è l'acronimo di Tau Epsilon Chi, le lettere iniziali della parola greca *techne*, che significa ' arte '. A differenza delle fotocompositrici tradizionali TEX è in grado di produrre un testo direttamente su stampante a alta risoluzione (che consente, cioè, una netta definizione dei caratteri), senza passaggi intermedi di tipo fotografico, se non per produzioni di tiratura elevata.

Durante la composizione di un testo con TEX è possibile gestire fino a 64 fonti di 128 caratteri ciascuna, e poiché TEX è memorizzato su nastro magnetico è possibile cambiare carattere e impaginazione in qualunque momento. Anche le correzioni e gli aggiornamenti sono facilitati. Con TEX esiste la possibilità di ottenere la stampa di simboli matematici senza far ricorso a caratteri speciali; si utilizza allo scopo un altro programma, scritto sempre da Donald E. Knuth, che permette di generare qualsiasi tipo di simbolo.

Perché parlare di TEX? perché siamo convinti che sia

importante divulgarne la conoscenza soprattutto tra lettori che si occupano di problemi educativi. Infatti già molte università americane e alcune italiane usano TEX per la composizione di rapporti scientifici e tesi di laurea che perciò sono residenti in archivi elettronici dai quali si possono richiamare tramite elaboratore, anche attraverso collegamenti in rete. Nello spazio di pochi minuti è quindi possibile disporre, sul video o a stampa, di un qualsiasi rapporto, ricerca, tesi di laurea o libro, traendolo metaforicamente dallo scaffale di una biblioteca elettronica di nuova concezione che può essere situata anche a migliaia di chilometri di distanza.

Il rilievo e l'importanza che queste possibilità presentano per la diffusione della conoscenza e del sapere si evidenziano da soli. Ancora una volta, con queste note sulle nuove tecniche di composizione, abbiamo voluto sottolineare come il rapporto tra informazioni elaborate e esecuzione di calcoli pesi ormai sempre di più a favore delle prime. La macchina elaboratore non trasforma come le altre macchine materie prime o semilavorati in prodotti finiti, bensì l'informazione in altra informazione moltiplicandone capacità, incisività e efficacia.

Capitolo secondo

LA RIVOLUZIONE DELL'INFORMAZIONE

Un nuovo ruolo per l'informatica

L'informazione, che è alla base dell'attività intellettuale dell'uomo, e l'informazione elaborata cioè *l'informatica* sono destinate ad assumere un ruolo sempre più significativo nella realtà a noi più prossima. Naturalmente si tratta di quella realtà, di quello scorcio di futuro che è possibile investigare poiché in un certo modo il suo sviluppo è stato preordinato dall'attività di ricerca compiuta negli ultimi anni. E il suo grado di certezza, evidentemente, non è assoluto, ma sufficientemente elevato perché lo si possa delineare.

È come se ci trovassimo di fronte a un *iceberg* e ne descrivessimo la parte emersa. La parte visibile ci può dare un'idea abbastanza precisa della parte sommersa, che è ben maggiore. È così che possiamo dire che l'elaboratore e la microelettronica saranno i protagonisti e gli elementi motori del cambiamento nei prossimi decenni: le trasformazioni più significative che si avranno hanno già nomi, consistenza di studio e di sperimentazione. Le loro aggregazioni concettuali si individuano con i termini ' telematica ', ' burotica ' e ' robotica '.

L'esplosione dell'elettronica investirà tutte le realtà del vivere quotidiano in casa, in ufficio e in fabbrica. Tale cambiamento non sarà automatico e si realizzerà come vero e proprio sviluppo a condizione che il sistema si evolva culturalmente nella direzione della conoscenza generalizzata, di massa, dell'informatica.

La diffusione della cultura dell'informatica, e collegata all'informatica, non è quindi auspicabile solamente per la propagazione delle sue conseguenze più o meno connesse all'aumento dell'efficienza e della produttività di un sistema in quanto introduce tecnologie nuove di più alto contenuto qualitativo: ma anche perché un miglioramento culturale dell'intera popolazione aumenta la consapevolezza e la sicurezza di decisione a ogni livello, in tutti i sensi e in tutte le direzioni.

Molti problemi, collegati alla introduzione delle cosiddette nuove tecnologie, sarebbero più facilmente risolvibili se si rimuovessero quegli ostacoli che derivano da una caparbia resistenza al cambiamento, dalla disinformazione e dalla diffidenza. La diffusione della cultura dell'informatica rappresenta una grande sfida per l'intera struttura educativa. Cioè dell'intero sistema educativo e formativo, che comprende naturalmente il sistema scolastico e si estende alle altre strutture formative del mondo del lavoro e della società. È fondamentale che nella scuola e attraverso la scuola si apprenda la cultura dell'informatica, così che se ne possa valutare l'interazione tra l'aspetto tecnologico e la dimensione della conoscenza e dei valori. Per i suoi effetti, l'informatizzazione di massa, che la tecnologia ci prospetta per il futuro, ha un significato fortemente innovativo per gli individui. Bisogna recuperarne però la dimensione culturale, che c'è, e non consiste solamente in una più approfondita conoscenza scientifica, ma anche nella appropriazione dei valori indotti dal mutare tecnologico.

La telematica

' Telematica ' è l'acronimo ottenuto con la parziale fusione di due parole: ' telecomunicazioni ' e ' informatica '. Quindi è la tecnologia delle comunicazioni, collegata all'informatica, che rappresenta il primo grande momento di cambiamento.

Il telefono, cioè il terminale più diffuso al mondo

— si contavano 500 milioni di apparecchi installati, alla fine del 1980, 20 milioni e quattrocentomila in Italia — il televisore, e l'elaboratore personale che può collegarli, sono le macchine attraverso le quali passerà il cambiamento, che sarà possibile grazie al miglioramento delle comunicazioni: via cavo, con l'introduzione di materiali nuovi come ad esempio le fibre ottiche; via etere, con l'utilizzazione su scala planetaria dei satelliti. Ancora una volta l'informazione digitalizzata, cioè in codice binario, sia grafica, alfabetica, o numerica, sarà il momento qualitativo di una nuova rivoluzione che ci prepariamo a vivere. Il progresso si misurerà dalla velocità di trasmissione dell'informazione, dalla capacità di immagazzinarla in « banche di dati », recuperarla, trasmetterla a grandi distanze.

Telematica significherà tutta una serie di servizi canalizzati da reti di telecomunicazione tradizionali o di nuova concezione, che renderanno disponibili le informazioni più diverse contenute nelle banche di dati, che sono degli insiemi organizzati di informazioni. Ciò lascia intravedere quale importante dinamica di sviluppo possa imprimere la telematica a diversi settori e attività industriali. Alcuni sistemi tradizionali si modificheranno, altri dovranno venire creati in conseguenza e sotto la spinta di nuove tecnologie.

In primo luogo la telematica agirà come fattore di sviluppo ulteriore per le organizzazioni televisive, telefoniche e di comunicazione che dovranno provvedere alle strutture che convoglieranno, via etere o via cavo, le informazioni verso gli utenti.

In secondo luogo lo sviluppo indotto dalla telematica interesserà tutte quelle strutture volte a creare, organizzare, fornire le informazioni agli utenti. Le case editrici, che tradizionalmente svolgono questo ruolo, vedranno rendersi possibile un ulteriore sbocco sinergico per le informazioni; anche altre organizzazioni economiche come, per fare un esempio, gli istituti di credito o le borse, troveranno promettenti sviluppi con la telematica che permetterà loro di distribuire meglio le informazioni

di cui dispongono. Anche la pubblicità non sarà di certo estranea a questo nuovo metodo di comunicare e la telematica rappresenterà anche per essa un nuovo tramite per raggiungere il destinatario delle informazioni. Infine tutto questo significa macchine dei tipi più vari: televisori di nuova concezione, elaboratori personali, telefoni, strumenti e apparecchiature per telecomunicazioni, ecc.; e quindi ancora possibilità di sviluppo per produzioni industriali.

Le prime applicazioni telematiche cominciano a diffondersi in tutto il mondo. Consistono in mezzi che danno l'avvio alla videoinformazione e sono conosciuti con i nomi di Videotex e Teletext. La differenza più rilevante tra i due sistemi è che con il primo l'informazione è convogliata via cavo telefonico attraverso un comune apparecchio telefonico, mentre con il secondo essa è convogliata via etere.

Il Videotex è uno strumento più interattivo del Teletext, in quanto l'utente può leggere delle immagini sullo schermo e, usando il telecomando, può interloquire con il sistema di informazioni, scegliendo via via quelle che desidera ricevere e scartando quelle che non gli interessano. Con il Teletext questa scelta non è possibile. Le informazioni sono inviate utilizzando una parte di un canale televisivo e l'unica alternativa che ha l'utente è vederle tutte o scartarle completamente.

Le informazioni trasmesse con il sistema Videotex sono immagazzinate in elaboratore e vengono fornite da editori, banche, borse, università, pubblica amministrazione ecc. Tutti questi enti si chiamano con una parola inglese *information provider*, ma anche in italiano sta ormai diffondendosi l'analogo ' fornitori di informazioni '. Alcune informazioni possono essere date gratuitamente, altre vengono date a pagamento e il canone, o il tipo di tariffa applicata, viene indicato sullo schermo. Per utilizzare il servizio si compone con il telefono il numero del centro al quale si è collegati. Il segnale di risposta compare sul televisore, che deve essere acceso. A questo punto si compone con il telecomando il proprio numero di

utenza e si comincia, sempre con il telecomando, a far scorrere le pagine fino a che non si trova quella o quelle che interessano. Con il Videotex si può, ormai in molti paesi, avere un'ampia gamma di informazioni; da quelle sugli spettacoli in una determinata area, a quelle relative agli orari dei mezzi di trasporto, fino a possibilità lontane dall'informazione in senso stretto e cioè sino alla vendita di prodotti. Localmente il Videotex prende nomi diversi. Per restare all'area europea, in Inghilterra si chiama Prestel, nella Repubblica Federale Tedesca Bildschirmtext, in Francia Teletel, in Olanda Viditel. In Italia si chiama Videotel ed è gestito dalla SIP, che garantisce la sicurezza delle informazioni memorizzate; la riservatezza dei dati sugli utenti; il sistema di tariffe e quello di fatturazione, sia nei confronti degli utenti, che nei confronti dei fornitori di informazione. Questi ultimi sono al momento circa 70: devono inserire le informazioni nel computer, curarne la manutenzione, assumersene la responsabilità e proteggerle con il copyright. Naturalmente tra gestore e fornitore di informazioni si situa l'industria elettronica che ha il compito di costruire gli elaboratori e i terminali per la gestione e l'inserimento dei dati, i televisori ecc. Avviato a titolo sperimentale nell'autunno del 1982 il Videotel si rivolge, al momento, ad un numero ristretto di utenti, circa 1000 in Italia di cui circa 300 a Milano, 220 a Roma e Torino, 90 a Bologna e a Napoli, 80 a Venezia. Questa fase di sperimentazione è un primo passo verso la copertura nazionale.

Altre e nuove applicazioni della telematica si stanno prospettando: sono la teleconferenza che consentirà il collegamento visivo e simultaneo di più intervenuti che potranno parlare tra di loro restando nelle proprie sedi, il Fac-simile e il Teletex (da non confondere con il Teletext di cui si è parlato più sopra). Fac-simile o Telecopia è un sistema per la trasmissione di immagini e documenti via linea telefonica, mentre il Teletex consente la trasmissione di testi scritti da terminale a terminale. Teletex è un telex potenziato in quanto consente una maggior velocità di informazione nell'unità di tempo, la memorizza-

zione dei testi; troverà applicazioni soprattutto in relazione alla automazione del lavoro d'ufficio o burotica, di cui si dirà poco più avanti. Fac-simile e Teletex saranno gli strumenti che renderanno possibile la posta elettronica. In questo campo è stata realizzata una rete sperimentale che funziona dal luglio 1982 e che collega 50 terminali installati in uffici postali e presso utenti privati, mentre tra Londra e Toronto funziona già, via satellite, il primo servizio pubblico internazionale di posta elettronica (si chiama Intelpost).

Ancora una volta un mutamento tecnologico di questa portata richiederà aumento di conoscenze che potranno essere fornite dalla struttura educativa globale, che ha alla propria base la scuola. Queste conoscenze non serviranno solamente per dare un impulso positivo alla costruzione, gestione, utilizzazione degli apporti sorprendenti di una nuova tecnologia, ma dovranno dare soprattutto consapevolezza e capacità di critica e di comprensione di un fenomeno in atto. In altre parole è auspicabile che la telematica non sia solamente sviluppo di mezzi di informazione, ma anche della qualità dell'informazione.

La robotica

I robot sono tra noi, ormai non è più fantascienza. Nelle attività industriali, nella ricerca, nell'attività spaziale i robot sono già presenti e sostituiscono l'uomo nei compiti ripetitivi, in quelli faticosi e pericolosi. Il loro impiego consente di ridurre i costi di produzione, rende possibili attività prima nemmeno ipotizzabili, aumenta la competitività dei processi. In futuro o almeno in quella parte del futuro che possiamo immaginare sulla base delle conoscenze che abbiamo, vedremo i robot meccanici, già oggi dotati di organi sensoriali e guidati da congegni elettronici e da microprocessori, moltiplicarsi e venire impiegati per gli usi più diversi.

L'idea di creare un robot, e prima ancora l'idea di creare un essere simile all'uomo, è probabilmente vecchia

come l'uomo stesso. La creazione di Adamo è narrata due volte nella Bibbia. « Facciamo l'Uomo a nostra immagine, e a nostra somiglianza » si dice una prima volta (*Genesi*, 1, 26). Una seconda volta (*Genesi*, 2, 7) Adamo è un impasto di argilla che si anima quando Dio soffia la vita nelle sue narici. Prima era un « Golem », cioè un embrione, un qualcosa privo di forma (*Salmi*, 139, 16). Tra i miti che esprimono l'eterno desiderio dell'uomo di creare un suo sostituto, l'uomo d'argilla è uno dei più antichi. Ci piace ricordarlo perché con il genio della lampada e con l'apprendista stregone è l'anticipatore dei robot. Deriva dalla cultura ebraica orientale, lo troviamo negli scritti dei cabalisti medievali che discettavano sulla parola capace di animare il Golem, e poi nel Cinquecento a Praga in una leggenda secondo la quale, con l'aiuto di una vecchia formula, il rabbino Jehuda Löw costruisce il Golem, un automa di argilla in grado di difendere il popolo ebraico dalle persecuzioni.

Le versioni di questa leggenda sono le più diverse. Si trova nella letteratura romantica tedesca e viene ripresa da Jacob Grimm, da Achim von Arnim, da E. T. A. Hofmann; nel 1915 lo scrittore viennese Gustav Meyrink la recupera e la trasfigura in un romanzo intitolato *Il Golem*, che ottiene in quel periodo un notevole successo in tutto il mondo.

Ecco come Meyrink riporta il ricordo popolare del Golem [1]:

> Si vuole che un rabbino avesse costruito, seguendo certe istruzioni della Cabala andate perdute, un uomo artificiale — il cosiddetto Golem — perché lo aiutasse a suonar le campane della sinagoga e facesse ogni sorta di lavori pesanti.
>
> Non ne sarebbe però uscito un uomo vero, ma solo un essere animato da un'oscura e semicosciente vita vegetale, e anche questo soltanto durante il giorno e in virtù di un magico bigliettino che gli veniva messo dietro i denti, onde si alimentasse alle spontanee energie sideree dell'universo.

[1] Gustav Meyrink, *Il Golem*, Bompiani, Milano 1966, 1977, p. 37.

E quando una sera, prima della preghiera consueta, il rabbino dimenticò di togliergli dalla bocca il sigillo, il Golem sarebbe caduto in un delirio furioso, aggirandosi nell'oscurità delle strade e distruggendo quanto gli capitava sottomano.

Alla fine il rabbino gli si sarebbe gettato contro, riuscendo a strappare il pezzo di carta [... come non pensare al programma di un elaboratore?...] dalla bocca del Golem, che sarebbe piombato di schianto senza vita al suolo. Di lui non restò che il corpiciattolo d'argilla, che ancor oggi vien mostrato nella vecchia sinagoga.

Ma successivamente, nel libro di Meyrink il Golem diventa una apparizione inquietante, assai diversa da quella della leggenda.

Anche il cinema, ai suoi albori, si impadronisce del mito che ispira diversi film; tre di questi sono diretti da Paul Wegener, i primi due in collaborazione con altri registi, mentre al terzo, del 1920, egli partecipa anche come attore.

La creazione di un Golem, di una vita artificiale, era un sostituirsi a Dio, ed era quindi d'obbligo, nella nemesi, che la creatura sfuggisse al controllo dell'uomo e si rivoltasse contro di lui. Frankenstein di Mary Shelley è un altro esempio assai noto di questo meccanismo.

È un tabù talmente radicato nella cultura dell'uomo che a lungo, anche nel secondo dopoguerra, quando si sono sviluppati gli studi sull'Intelligenza Artificiale, esso ha rappresentato un ostacolo più o meno inconscio e ha impedito a molti ricercatori di dedicarvisi.

Anche Norbert Wiener dovette tenerne conto e in una sua opera intitolata *Dio & Golem S.p.A.* egli infatti impiega alcune pagine per liberare il rapporto uomo-macchina dal sacro e dal mito che deriva dal rapporto Creatore-uomo. Il capitolo ottavo del suo libro si conclude con queste parole chiarificatrici:

Ho così passato in rassegna un certo numero di argomenti che sono collegati tra loro perché coprono l'intero tema dell'attività creativa, da Dio alla macchina, sotto uno stesso

insieme di concetti. La macchina, come ho già detto, è la controparte moderna del Golem del rabbino di Praga. Dal momento che ho insistito nel voler discutere l'attività creativa sotto un unico titolo, e nel non voler fare dei blocchi separati pertinenti a Dio, all'uomo, e alla macchina, non penso di essermi preso niente di più di una normale libertà di scrittore nell'aver intitolato questo libro *Dio & Golem S.p.A.* [2].

Viceversa, nel Settecento illuministico, lo spirito del secolo, nemico del magico, e lo sviluppo delle basi della tecnologia, avevano favorito la comparsa dei primi congegni meccanici, che riproducono animali, in particolare uccelli in grado di ripetere le loro funzioni naturali, e uomini, capaci di scrivere, disegnare o suonare strumenti musicali. Si preparava la nuova cultura della macchina. In questa dialettica fra razionale e non razionale si è a lungo dibattuta la moderna cultura che tanto è influenzata dalla tecnologia.

La parola ' robot ' venne coniata nel 1917, quasi contemporaneamente al romanzo di Meyrink, da Karel Čapek. Venne usata per la prima volta nel racconto breve intitolato *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)* e viene dal ceco *robota* che vuol dire, diversamente che in altre lingue slave in cui significa solo ' lavoro ', ' lavoro duro ', coatto o servile, quello dei servi della gleba. Nel 1950 Isaac Asimov si impossessa del tema e scrive il suo famosissimo *Io, robot* [3]. Il volume si apre con la citazione delle « tre leggi della robotica » tratte da un ipotetico *Manuale della Robotica*, 56ª edizione - 2058 d. C., che recitano:

1. Un robot non può recar danno a un essere umano né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno.
2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli

[2] Norbert Wiener, *Dio & Golem S.p.a.*, Boringhieri, Torino 1967, p. 88.
[3] Bompiani 1963; ora anche nella collana «Oscar» Mondadori.

esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Prima Legge.

3. Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Prima e la Seconda Legge.

Sembra proprio che i robot del futuro si adegueranno a questo codice di comportamento.

Il più delle volte queste macchine consistono di un « braccio » meccanico che può compiere tutti i movimenti in tutte le posizioni, e di una « mano » che serve per prendere, lasciare, impugnare oggetti, ma sempre più di frequente i robot sono dotati di organi sensoriali che permettono la vista e il tatto, o l'uso della parola. Altra caratteristica dei robot industriali è quella di essere adatti per molti impieghi, con la capacità di memorizzare i propri compiti e impararne di nuovi. Il che presuppone, accanto ad una struttura meccanica, una struttura elettronica basata su un microprocessore e una memoria, cioè un vero e proprio minielaboratore.

I campi d'impiego dei robot industriali sono molti. Troviamo i robot soprattutto nell'industria automobilistica, ma anche in molti altri settori, dove svolgono compiti per l'uomo impossibili o pericolosi, ripetitivi e noiosi, faticosi.

Vogliamo indicare un caso di computerizzazione e di robotizzazione relativo a una applicazione industriale molto impegnativa sul piano degli investimenti, ma non meno coinvolgente dal punto di vista intellettuale. È tratto da esperienze condotte in ambito FIAT, una delle industrie al mondo in cui la robotizzazione è più spinta. I programmi della FIAT in questa direzione sono volti a creare una nuova filosofia di lavoro creativo che ruota attorno a una progettazione e sperimentazione in ambienti computerizzati. Si parte da una progettazione d'avanguardia in cui l'uomo, liberato dalla fatica dei calcoli, che vengono sviluppati dagli elaboratori, può concentrare tutte le sue capacità nella ricerca dei modelli e sui problemi tecnici. Saranno poi altri elaboratori e altri modelli mate-

matici di calcolo che consentiranno il disegno di strutture o di parti meccaniche. Da ultimo questo enorme lavoro di studio si trasformerà concretamente nelle applicazioni e realizzazioni dei progetti. Dal profilo di una carrozzeria, fino all'ultimo dettaglio, tutto è stato ridotto in termini matematici e immagazzinato in elaboratore. Quando la sperimentazione sarà ultimata sarà questo elaboratore a collegarsi con gli elaboratori satellite che provvederanno a realizzare gli stampi esattamente come erano stati previsti dal modello originale computerizzato.

Robot, computer, e processi industriali tendono a fondersi nella fabbrica moderna. Ciò avviene anche nel *robogate*. Ancora una volta un incrocio di due parole: *robot* e *gate*, cioè ' porta '. Con esso si indica un processo di lavoro industriale che, oltre a garantire un alto grado di affidabilità del prodotto lavorato, consente una elevatissima flessibilità di utilizzo dell'impianto, al punto che è possibile lavorare contemporaneamente a più versioni del medesimo modello, o, nel breve termine, modificare l'impianto per la produzione di modelli di diversa stilizzazione, o, infine, giungere alla convertibilità dell'impianto, cioè a un suo adattamento a lavorazioni di modelli completamente nuovi.

Il robogate è il risultato della fusione dell'intervento dei robot con le *gate-lines*, in cui si producono la maggior parte delle automobili. Il procedimento è così descritto in un documento dell'ufficio stampa della FIAT:

Nella *gate-line* il *pallet* che porta i componenti di carrozzeria da assemblare va a collocarsi fra dei « portali » (*gates*) che tengono in posizione i vari pezzi, mentre l'operaio interviene per saldarli. Ecco quindi che l'unione del sistema dei « portali », che come nelle linee tradizionali tengono in posizione i particolari e dei robot, che in luogo degli operai eseguono le saldature necessarie, ha generato il robogate. L'unione di questi due procedimenti ha consentito di unire i vantaggi dei robots a quelli delle *gate-lines*, eliminando nel contempo i più gravi difetti di queste ultime: operazioni particolarmente faticose e scomode, da effettuarsi ce-

lermente e ripetitivamente, a tutto detrimento sia della manodopera che della qualità del prodotto.

L'impianto del robogate è guidato da un computer, che ha il compito di regolare il traffico dei *robocarriers*, guidandoli in una intricata rete di percorsi, nonché di comandare il ciclo di saldatura. Sul pianale di ciascun *robocarrier* vi è una serie di riferimenti fissi. Su questi riferimenti devono essere montati i *pallets*, che però mutano a seconda del modello di scocca o di gruppo che si vuole assemblare.

Il *robocarrier* va a prelevare il *pallet* nel magazzino: sul *pallet* sono caricati il fondo, le fiancate e il tetto del modello. Su quel determinato *pallet*, con quei determinati riferimenti, il calcolatore che controlla l'avanzamento della produzione ordina che vengano montati solo i particolari di quel determinato modello e non altri. Il *robocarrier* si infila nella prima stazione del robogate, dove automaticamente scattano due bilancelle, che sono un'attrezzatura specifica (una specie di cornice con morsetti) atta a bloccare le parti della carrozzeria per impedire che si spostino durante l'operazione di saldatura. A questo punto entrano in funzione i robot, nella cui memoria sono inseriti due programmi di movimento: a seconda del modello che hanno a tiro eseguono l'uno o l'altro programma di saldatura.

Ultimata questa prima serie di punti (imbastitura) il *robocarrier* riprende il suo cammino per andarsi a fermare in altre stazioni, dove vengono eseguite le saldature di completamento. Appena scaricata la scocca il *robocarrier* inverte la marcia e riprende il suo giro.

Nel processo più generale di automazione della fabbrica e in coincidenza con lo sviluppo e le applicazioni della microelettronica, la produzione e l'utilizzo dei robot si generalizzerà. Gli stessi robot si perfezioneranno ulteriormente e da quegli abili manipolatori seppur dotati di sensi che sono ora si trasformeranno sempre più in macchine intelligenti. Potranno essere impiegati in compiti sempre più delicati, mentre oggi il loro impiego prevalente è in compiti che richiedono ripetutamente molta forza o che sono ad alto rischio. Saranno questi robot, azionati a distanza, ad essere impiegati nell'esplorazione spaziale o nella ricerca sottomarina.

Questi robot più intelligenti nascono sulla scia dei

programmi di studio che vanno sotto il nome di Intelligenza Artificiale. Nell'introduzione a un volume apparso nel 1968 e intitolato *Semantic Information Processing*[4], a cura di Marvin L. Minsky, si riducono a tre i principali indirizzi presi dalla cibernetica negli anni '50. Il primo è relativo alla individuazione dei princìpi di base del funzionamento dei sistemi in modo da isolarli, inserirli e organizzarli in una struttura adatta, così che possano, eventualmente, comportarsi in modo adattativo. Il comportamento intelligente sarebbe derivato dal comportamento di tale sistema.

Il secondo è connesso all'individuazione dei modelli operativi del comportamento umano, così che le macchine possano comportarsi in modo paragonabile al comportamento umano, e il terzo, che Minsky chiama dell'Intelligenza Artificiale, è collegato al tentativo di costruire macchine intelligenti, senza nessun pregiudizio nei confronti della possibilità di rendere il sistema a somiglianza dell'intelligenza dell'uomo. Il primo indirizzo non portò a grandi risultati; il secondo fu sviluppato soprattutto da A. Newell, S. Show e A. Simon, presso il Carnegie Institute of Technology e sfociò in studi che hanno strette relazioni con la psicologia cognitivista (sulla quale avremo nel corso del volume numerose occasioni di tornare). Il terzo, che riguarda l'Intelligenza Artificiale, si è rivelato uno dei più promettenti. Tra i principali campi di applicazione e di studio dell'Intelligenza Artificiale ricordiamo: la traduzione delle lingue; il riconoscimento e la percezione delle forme (*pattern recognition*); la soluzione dei problemi (*problem solving*); la teoria dei giochi; lo studio dei robot; e le applicazioni delle nuove tecnologie connesse all'informatica in campo didattico. In particolare, ai fini di questo libro, saranno questi ultimi due sviluppi a interessarci maggiormente.

Marvin L. Minsky ha avviato quasi vent'anni fa presso il MIT un apposito dipartimento per lo studio di questi problemi. Egli definisce l'Intelligenza Artificiale come la

[4] MIT Press, Boston 1968.

scienza per costruire macchine che eseguano compiti che richiederebbero intelligenza se svolti dall'uomo [5]. Tali sono i robot capaci di adattarsi ai cambiamenti ambientali e di scegliere la decisione più appropriata tra le numerose possibili in base alle conoscenze immagazzinate nella loro memoria. Un esempio è dato dai sistemi di pilotaggio automatico dei veicoli per l'esplorazione spaziale, come le sonde. Le loro capacità sensoriali hanno già superato quelle dell'uomo, in quanto possono essere equipaggiati con strumenti di lettura assai più precisi dei nostri organi sensoriali.

La robotica oggi è una complessa scienza applicata, che merita la più grande attenzione. Trascurare l'insegnamento dei suoi princìpi sarebbe dannoso e contraddittorio rispetto alle esigenze di una società che vuole svilupparsi.

La burotica

Ancora una volta nella storia dell'informazione un termine nasce dalla fusione di due parole e di due concetti, per indicare un correlato empirico di recente aggregazione, che individua le tecniche e le tecnologie relative alla automazione del lavoro d'ufficio. Il termine è di conio francese. *Bureau* cioè ufficio e *informatique* si sono fusi in *bureautique*, che sta passando nell'uso corrente italiano come ' burotica '.

La storia dell'organizzazione aziendale ha coinvolto in più riprese e in vari modi l'organizzazione del lavoro d'ufficio; ma per la natura stessa di questo lavoro, l'intervento organizzativo non ha mai avuto la portata prescrittiva e la regolamentazione che ha avuto il lavoro di fabbrica, ad esempio, con la rivoluzione tayloristica. Solo verso la fine degli anni '60, e proprio in relazione alla diffusione delle applicazioni dell'elaboratore elettronico, in azienda si cominciò a valutare la possibilità di applicare

[5] Marvin L. Minsky, ' Artificial Intelligence ', *Information*, Freeman, San Francisco - Londra 1966.

procedure e metodi standardizzati anche al lavoro d'ufficio. In Italia ad esempio in quegli anni si proponeva, e non a caso, un classico della letteratura organizzativa apparso intorno agli anni '20: il libro di Frederick W. Taylor, *L'organizzazione scientifica del lavoro*[6], formato a sua volta da tre contributi: 'Direzione d'officina', 'Princìpi di organizzazione scientifica del lavoro', e la 'Deposizione davanti alla Camera dei Rappresentanti'.

Aldo Fabris, uno dei maggiori esperti italiani di problemi organizzativi, nel saggio introduttivo al volume, poneva in luce molto bene come l'organizzazione scientifica del lavoro acquisisse un nuovo significato nel caso i suoi concetti venissero applicati al sistema aziendale, concepito come sistema di informazioni. Si intravedeva la possibilità di proporre a livello aziendale i princìpi individuati da Taylor a livello di officina. Ecco quindi che si affermavano la necessità dell'organizzazione funzionale in contrapposizione all'organizzazione gerarchica e l'adozione dell'intervento 'per eccezioni', cioè dell'intervento che si rende opportuno *unicamente* quando accade qualcosa fuori della norma.

L'informatica di oggi ha ancora più rafforzato queste necessità. L'azienda è sempre di più un sistema di informazioni che l'evoluzione tecnologica permette oggi e permetterà ancor di più in futuro, di trattare in modo nuovo e più razionale. Prendiamo, ad esempio, il passaggio dalla configurazione accentrata dell'elaboratore alle configurazioni decentrate presso i singoli uffici, con la presenza di terminali intelligenti; ciò che si chiama correntemente informatica distribuita. A questa struttura dovrebbe corrispondere un decentramento di competenze e di responsabilità.

Ma accanto alla elaborazione dei dati aziendali e alle operazioni di gestione ormai consolidate, altre possibilità si aprono in azienda in relazione al progresso tecnologico permesso dall'elettronica. Anche la telematica contribuirà a mutare in futuro la realtà organizzativa dell'ufficio. Il

[6] Etas Libri, Milano 1971.

telefono d'ufficio cambierà e, al posto della voce, altri supporti concorreranno al trasferimento delle informazioni. La digitalizzazione della voce umana, quindi la sua trasformazione in codice binario, realizzerà un modo nuovo di comunicare attraverso il telefono; quando questo tipo d'informazione digitalizzata, conservata in memoria, potrà essere riutilizzata, avremo una comunicazione più veloce tra macchine e macchine che assolveranno anche a una molteplicità di altre funzioni.

L'elaborazione della parola — il *word processing* — è la prima delle nuovissime attività automatizzate ad essere già arrivata negli uffici. In questo momento è in fase di sperimentazione in moltissime aziende italiane.

Essa consente la manipolazione dei testi e la loro memorizzazione. Battuti attraverso una tastiera, i testi vengono stampati e nello stesso tempo archiviati. Se è necessario riutilizzarli, si possono richiamare dalla memoria e rimanipolare, sostituendo i periodi, mutando la loro posizione, senza dover ribattere le parti che si intendono conservare. Questi testi, poi, possono essere trasmessi da una macchina all'altra attraverso reti private e interne all'azienda o attraverso le normali linee telefoniche, con vantaggi facilmente intuibili.

Sempre la microelettronica ha reso possibile il *word processor*, un elaboratore che, attraverso una tastiera, consente la memorizzazione di testi scritti su una memoria di massa (solitamente un dischetto), la loro visualizzazione sullo schermo video, e la loro stampa quando li si ritenga corretti e perfetti anche dal punto di vista dell'impaginazione.

Telefono, word processor, fotocopiatrici di tipo nuovo, in grado di manipolare un testo, e perciò dette intelligenti, potranno essere collegati tra loro e consentire nell'ufficio una radicale trasformazione dei modi di lavoro; ma soprattutto una radicale trasformazione della gestione dell'informazione.

Anche la trasformazione del lavoro d'ufficio richiederà una notevole attività di formazione, che per quanto ri-

guarda i dipendenti, i quadri e i dirigenti, potrà essere svolta dalle aziende stesse, ma che in quanto formazione di base competerà alle scuole.

L'esigenza di formazione nella società moderna

Siamo ormai giunti al punto che nei paesi industriali avanzati molti potranno ben presto disporre di un elaboratore personale. Una recente ricerca condotta da un importante distributore di personal computer in Italia ha appurato che il 10 per cento delle famiglie italiane è oggi disponibile per l'acquisto di un elaboratore personale del tipo *home*, cioè del tipo più economico. Si tratta quindi di un milione e ottocentomila famiglie, un mercato potenziale di notevole interesse. Il costo della macchina è assai contenuto, più basso del costo di un elettrodomestico o di un impianto hi-fi. Il costo della elaborazione dei dati è sceso di un fattore 10 ogni 10 anni, ed è previsto che continui a scendere anche in futuro. Con l'aumento delle capacità di memoria dei sistemi e con la diminuzione parallela dei costi delle macchine, anche il costo di memorizzazione dell'informazione è sceso. Già dal 1975 è inferiore al costo di memorizzazione su carta. Infine l'affidabilità dei sistemi cresce di 100 volte ogni 10 anni.

Tutte queste premesse fanno prevedere che i restanti anni '80 saranno quelli di una vera e propria informatizzazione di massa. Per il sistema economico questo significherà uno spostamento cospicuo di occupazione dall'agricoltura e dall'industria al terziario. Ammesso che, come tutte le ricerche tendono a confermare, il sistema possa restare in equilibrio, in quanto l'informatizzazione di massa crea nei servizi tanti posti di lavoro quanti ne elimina altrove, e a condizione che si dia un aumento di produttività tale da riequilibrare (eventualmente) il sistema, questi enormi mutamenti richiederanno uno sforzo colossale di formazione, che investirà tutta la società e tutte le sue componenti a partire dalla scuola per esten-

dersi alle fabbriche e agli uffici. Non c'è tempo da perdere, e ne dobbiamo essere consapevoli.

In un mercato così interessante per l'informatica la concorrenza tra le industrie produttrici è fortissima e ciò ha provocato, specialmente in Europa — ma non in Italia — delle crisi. La tendenza positiva del mercato è dovuta sicuramente ad una offerta di prodotti che sono sempre più efficaci e competitivi in termini di costo e di prestazioni: ciò ha riflessi stimolanti anche sulla domanda. Infatti l'utente industriale di grandi e medie dimensioni è spinto a cambiare e a rimuovere o incrementare il proprio parco macchine, poiché i nuovi sistemi proposti sono più avanzati, più efficienti e, relativamente alle prestazioni, meno costosi; l'introduzione dell'elaboratore personale ha poi aperto un nuovo mercato, che è costituito dall'azienda di piccole dimensioni, dal singolo utente, e da fasce sempre più ampie di utilizzatori.

Ma la domanda si sviluppa anche perché i computer sono sempre più necessari nel mondo di oggi. Essi sono un mezzo indispensabile di gestione delle informazioni in tutti i settori, in un mondo in cui l'informazione gioca un ruolo di rilievo sempre maggiore. La loro dinamica non sembra avere ostacoli. L'informatizzazione di massa — ossia la diffusione ad ogni livello della società dei mezzi e della conoscenza dell'informatica, e in modo particolare la diffusione degli elaboratori nelle scuole e nelle famiglie — ha un valore strategico enorme, in quanto non solo permette la partecipazione al consorzio dei paesi più progrediti, ma allo stesso tempo è motore di progresso tecnologico e di conoscenza ulteriori: comunicare con l'informatica significa poter accedere rapidamente a qualsiasi informazione e avere gli strumenti per controllarla.

Distribuire le conoscenze informatiche a ogni livello sociale significa, nella società occidentale, dare a tutti un formidabile strumento democratico di controllo dell'informazione e quindi del potere; ma significa allo stesso tempo poter contare su una popolazione preparata capace di entrare rapidamente nei moderni meccanismi di sviluppo.

Siamo le prime generazioni a vivere la rivoluzione determinata dall'informatica: un momento storico che ha la stessa portata della rivoluzione industriale.

Questa è una grande sfida per l'educazione. Non conoscere l'informatica nella società del futuro sarà tal quale essere analfabeti nella società di oggi.

Parte seconda

LE NUOVE TECNOLOGIE E L'APPRENDIMENTO

Capitolo primo

LE APPLICAZIONI DEGLI ELABORATORI ALLA DIDATTICA

A scuola con l'elaboratore

C'è quindi almeno una prima e buona ragione per portare la cultura dell'elaboratore nella scuola. Conoscere questa cultura servirà a evitare di essere semplici utenti dell'informatica o tecnici che possiedono solo nozioni parcellizzate.

L'informatica, la telematica, la robotica, la burotica, non dovranno consistere solamente nello sviluppo di mezzi e di macchine per un numero sempre maggiore di individui. Se così fosse la rivoluzione dell'informazione si risolverebbe soltanto in un gigantesco cambiamento di modalità, di abitudini e di ritmi, custodito da persone in camice bianco, e dominato da un numero ancor più ristretto di sacerdoti che ne conoscono e ne determinano il funzionamento.

Questo in parte è avvenuto in passato, su scala molto ridotta, quando le tecniche e l'architettura degli elaboratori hanno favorito la costruzione di macchine di grandi dimensioni, che concentravano in pochi punti notevoli capacità di elaborazione. Allora nell'opinione pubblica si sviluppò una reazione critica contro il calcolatore e l'informatica, che si esprimeva con lo slogan « *I am not an IBM card* ». « Non sono una scheda perforata » significava che l'individualità non poteva essere ridotta a un pugno di informazioni trattate e confuse con altre e riutilizzate senza controllo. Su questa strada, oggi i pericoli sarebbero anche maggiori, dal momento che i mezzi di

lavoro e di comunicazione elettronici sono assai più sottili e potenti di un tempo e possono cambiare in profondità la natura e l'impatto dell'agire e del vivere quotidiano. L'unico mezzo per evitare questi pericoli, che sono incombenti, non ci stancheremo di ripeterlo, è quello di acquistare conoscenza e consapevolezza, a partire dalla scuola, dei nuovi mezzi e delle nuove tecnologie. Atteggiamenti luddistici non condurrebbero a nulla.

Nelle macchine più recenti ci sono due aspetti che sembrano favorire questo processo: uno è costituito dal fatto che l'elaboratore è diventato anche personale, l'altro dal fatto che la telematica consentirà la comunicazione non solo tra una centrale che trasmette il messaggio e una serie di utenti che lo riceve, ma anche viceversa. Anche gli utenti saranno in grado di trasmettere messaggi di risposta, in una interazione dialettica, che può rendere mezzi attivi quegli strumenti, a condizione che se ne possiedano codici e cultura.

Il personal computer ha delle valenze positive nell'immaginario comune, non solo per il rapporto diretto — uno a uno — che consente, e quindi per le possibilità di interazione che offre; ma anche e soprattutto perché molti conoscono la sua storia. Molti sanno che è nato in un modo simpatico e che piace.

Si può dire che l'elaboratore personale sia nato al margine della grande industria e della ricerca elettronica e che sia stato reso possibile da questa perché sono stati i microprocessori e i microcircuiti a bassissimo costo, questi pezzi di elettronica, che ne hanno permesso l'assemblaggio. Chi ha inventato la sua logica di funzionamento, chi lo ha reso un prodotto industriale a partire dal 1975 è stata quella legione di tecnici e di studiosi, spesso giovanissimi, che rappresentavano la punta della ricerca nelle università statunitensi; erano i transfughi dalle grandi case costruttrici di computer, i sottoccupati dell'elettronica o gli estromessi dalla NASA che rallentava il programma spaziale.

Uniti dalla passione per l'elettronica, partendo da cantine e da garage in California, in quella che oggi pit-

torescamente si chiama « Silicon Valley », un nome immaginoso che viene dal silicio e ricorda il luogo dove si è verificata questa rilevante concentrazione di intelligenza elettronica, questi hobbisti hanno creato il personal computer e tutta la gigantesca industria che gli ruota attorno, che si estende fino ai giochi e all'editoria.

In un primo tempo le case costruttrici di grandi sistemi — *mainframe* come sono stati ribattezzati in gergo — hanno rifiutato i progetti e i prototipi di personal computer che venivano offerti per la produzione industriale. Poi, quando hanno constatato lo sviluppo che il settore assumeva, hanno cercato faticosamente di risalire la china e di guadagnare il tempo perduto. Ormai però si trovavano di fronte a nuovi colossi dell'elettronica e non più a timidi ricercatori. Questa è la storia, tra le altre, della Apple Computer Inc. di Cupertino, che si era sviluppata attorno a un personal costruito in un garage appunto, con i risparmi e le vendite di alcuni beni dei due inventori e soci fondatori, e che ora opera in tutto il mondo.

L'IBM invece ha prodotto il suo personal solamente a partire dalla metà del 1981 e la casa di Cupertino salutava l'avvenimento con un annuncio pubblicitario che diceva press'a poco così: « Apple dà il benvenuto al nuovo personal della IBM ». L'IBM si affrettava a rispondere che Apple avrebbe dovuto rallegrarsi del fatto, né più né meno di quanto l'uomo primitivo si era rallegrato per la comparsa del macairodo, la tigre con i denti a sciabola.

Al di là di queste bordate di dovere, che danno l'idea del clima di concorrenza che c'è in questo mercato, la crescita e l'articolazione della domanda consentono spazio per tutti. La specializzazione dei prodotti rende possibile, caso per caso, l'individuazione di sicuri settori di utenza e di acquisto. Mentre il personal computer ha favorito la formazione di un clima positivo, che i grandi sistemi una decina d'anni fa non avevano attorno a sé.

Dal punto di vista didattico, il professor Robert Sherwood, docente di scienza dell'educazione alla New York

University, ha identificato tre agili categorie con le quali classificare l'utilizzazione dell'elaboratore personale. Esse sono: imparare l'elaboratore, imparare attraverso l'elaboratore, imparare con l'elaboratore.

Non è difficile *imparare l'uso del personal computer*; in particolare, i ragazzi sembrano avere una naturale predisposizione per impadronirsi di questo tipo di tecnologia. Attraverso il personal computer si può accedere alle conoscenze di quel mondo più complesso che è rappresentato dai grandi elaboratori e dalle applicazioni dell'informatica al mondo del lavoro.

A prima vista sembrerebbe che la necessità di conoscenza, e l'utilizzazione possibile degli elaboratori nella didattica debbano fermarsi qui. Non è così: l'elaboratore personale consente anche altre applicazioni interessanti. In primo luogo l'elaboratore è un ottimo strumento, una straordinaria macchina per insegnare. Si può *imparare attraverso l'elaboratore*. Che cosa? Praticamente tutto. Naturalmente tutte le discipline e le materie collegate all'informatica, come i linguaggi di programmazione o l'architettura interna dell'elaboratore stesso. Nella scuola, anche altre e più tradizionali discipline come la matematica, la chimica, la fisica, la biologia, l'economia, la scienza delle finanze, e altre ancora che con il gruppo scientifico non hanno nulla a che fare come le lingue straniere o la musica. Il calcolatore può essere uno strumento della didattica e può trasformarsi in un potente aiuto per il docente o in un valido tutore per l'allievo.

C'è infine un ultimo modo di concepire l'utilizzo didattico dell'elaboratore personale. È il modo forse più interessante, più nuovo e più ambizioso e che richiede un cambiamento globale nella pratica dell'insegnamento. Ci si riferisce ad una vera e propria pedagogia nuova che si è venuta sviluppando attorno all'impiego dei personal computer nelle scuole americane, canadesi e di alcuni paesi europei, come l'Inghilterra e la Francia. In queste applicazioni si supera il momento dell'elaboratore concepito come mezzo didattico. Si inserisce l'elaboratore in un nuovo e più complesso rapporto che si viene

	SCUOLA 1	LAVORO 2	CASA E TEMPO LIBERO 3
1 LA CULTURA DELLA SOCIETÀ DELL'INFORMATICA	1.1. I fondamenti, i principi, l'impatto sociale dell'informatica, telematica, robotica, burotica.	1.2. Il cambiamento tecnologico e culturale dell'informatica, telematica, burotica e robotica. Il quaternario.	1.3. Il cambiamento nel costume e nell'ambiente. La nuova cultura individuale.
2 CONOSCERE E USARE L'ELABORATORE NELLA SOCIETÀ DELL'INFORMAZIONE	2.1. Esercitazioni con l'hardware e con il software.	2.2. Nuove conoscenze, nuove capacità, nuove abilità. Software per l'informatica, telematica, robotica, burotica.	2.3. Nuove abitudini e nuovi atteggiamenti. Nuove possibilità per lavorare, imparare e per gestire il tempo libero.
3 IMPARARE ATTRAVERSO L'ELABORATORE	3.1. Software didattico interattivo e non. La soluzione dei problemi. Modelli. Simulazione. I giochi didattici.	3.2. Il cambiamento e la formazione. La soluzione euristica dei problemi. Modelli. Simulazione. Business games.	3.3. Possibilità di formazione alternativa a quella istituzionale. Hobbies. Giochi.
4 IMPARARE CON L'ELABORATORE	4.1. I nuovi linguaggi pedagogici.	4.2. Informazione cognitiva. L'ambiente di lavoro come ambiente di apprendimento.	4.3. Informazione cognitiva. L'elaboratore personale e le attività in casa e nel tempo libero. Ambiente di apprendimento.

Fig. 1. L'impatto della cultura dell'informatica e delle nuove tecnologie nella formazione.

a creare tra allievi e docenti. Ancora una volta, per comodità, si può usare una formula per indicare questo impiego. *Imparare con l'elaboratore*, vuole sottolineare come l'apprendimento avvenga nell'ambiente che si crea attorno all'elaboratore. L'attenzione si sposta dall'elaboratore al metodo; e visto che questo metodo può essere impiegato fin dalla prima età scolare sono gli scolari, i bambini i protagonisti veri della didattica. *Appropriarsi della cultura dell'informatica, conoscere l'elaboratore, imparare attraverso l'elaboratore, imparare con l'elaboratore*, sono quattro modi di fare opera di formazione nella società e più in particolare di portare la cultura dell'elaboratore nella scuola.

Queste categorie individuano quattro aspetti del problema della conoscenza nella società dell'informatica. Il loro riflesso si può misurare in tre momenti della realtà: il momento dell'istruzione e della formazione di tipo istituzionale, il momento della formazione nell'attività di lavoro, e il momento della formazione nel tempo libero. L'incrocio tra questi quattro aspetti metodologici e i tre momenti individuati crea uno scenario quanto mai suggestivo dell'impatto dei problemi della conoscenza nella società. L'abbiamo rappresentato nella Fig. 1 in una serie di caselle individuate combinando il numero d'ordine delle righe con quello delle colonne. Ai temi richiamati nelle caselle saranno dedicati i paragrafi di questa seconda parte del libro.

Capitolo secondo

NUOVE TECNOLOGIE E APPRENDIMENTO NELLE SCUOLE

I fondamenti, i princìpi, l'impatto sociale dell'informatica, telematica, robotica, burotica (1.1)

Lo sviluppo dell'informatica connoterà la società del futuro sia per gli aspetti che riguardano la realtà del lavoro sia per quelli legati alle abitudini e al costume. I segni di questo cambiamento sono già ben visibili nella fabbrica, nell'ufficio, in casa. L'impatto del cambiamento sarà enorme e richiede una preparazione culturale adeguata, che si può articolare nella conoscenza dei princìpi e dei fondamenti dell'informatica; delle nuove discipline, tecniche o tecnologie ad essa collegate come telematica, robotica e burotica, e nello studio del mutamento qualitativo che esse porteranno.

La società nella quale entriamo è la società dell'informazione intesa come società postindustriale in cui le attività trainanti non saranno più connesse ai settori manifatturieri, dell'industria metalmeccanica o chimica, ma saranno collegate alle nuove industrie dell'informazione. Ciò richiede conoscenze di tipo nuovo e cultura adeguata al cambiamento. La scuola come struttura formativa di base non può esserne estranea.

Non si tratta tanto di introdurre nel sistema scolastico l'insegnamento di materie o discipline nuove come l'informatica in alcuni indirizzi specifici, ma si tratta piuttosto di portare l'approccio informatico in tutte le discipline. In quelle scientifiche, tecniche, economiche ma anche in quelle umanistiche e collegate agli studi di

scienze sociali, e per la specificità applicativa dell'informatica, e per poter dare gli elementi che servono per acquisire una conoscenza consapevole del mutamento in atto.

Esercitazioni con l'hardware e con il software (2.1)

Cerchiamo ora di conoscere un po' più da vicino che cos'è e come funziona l'elaboratore personale. La descrizione sarà necessariamente sommaria poiché questo libro non è, né vuol essere, un manuale operativo. Qui si vogliono solamente esporre e ricordare dei concetti fondamentali, per quel poco che la lettura del testo richiede. L'approfondimento deve essere rimandato a opere specializzate.

Dall'esterno un elaboratore personale si presenta nella configurazione più comune come l'insieme, più o meno compatto, degli elementi che elenchiamo: una tastiera, con tasti simili a quelli di una comune macchina da scrivere o con tasti sensoriali; un video speciale a circuito chiuso che si chiama monitor (i personal più economici possono essere collegati al normale televisore di casa); un registratore a cassette o una scatoletta che assomiglia a un mangiadischi, che si chiama *drive*; una unità di scrittura, o stampante. Tutto ciò si chiama *hardware*: una parola inglese ormai entrata nell'uso corrente in tutte le lingue. Con riferimento agli elaboratori significa tutto quanto fa parte della macchina ed è tangibile. In contrapposizione alla parola *hardware* si usa altrettanto comunemente la parola *software*, che è il termine generale per intendere i programmi, le procedure, i linguaggi; *software* sottintende un qualcosa di immateriale, di non tangibile, fino ai dati e alle informazioni elaborate.

Vediamo di capire meglio come funzionano l'hardware e il software insieme. A tal fine dobbiamo definire e distinguere alcuni elementi fondamentali dell'elaboratore, e precisamente: l'unità centrale; la memoria; la

memoria di massa; le unità di ingresso e di uscita (input/output); i programmi (v. Fig. 2).

L'unità centrale, o CPU (*Central Processing Unit*) controlla il sistema, fa i calcoli e le operazioni programmate.

La memoria è usata per immagazzinare i programmi e i dati. La capacità della memoria è indicata in migliaia (2^{10}, cioè 1024) di *bytes* o *kilobytes* o più rapidamente con la formula abbreviata « K ». Per cui l'espressione « 16K » significa una capacità di memoria di 16.000 bytes, essendo il byte l'unità di memoria. Con un byte, solita-

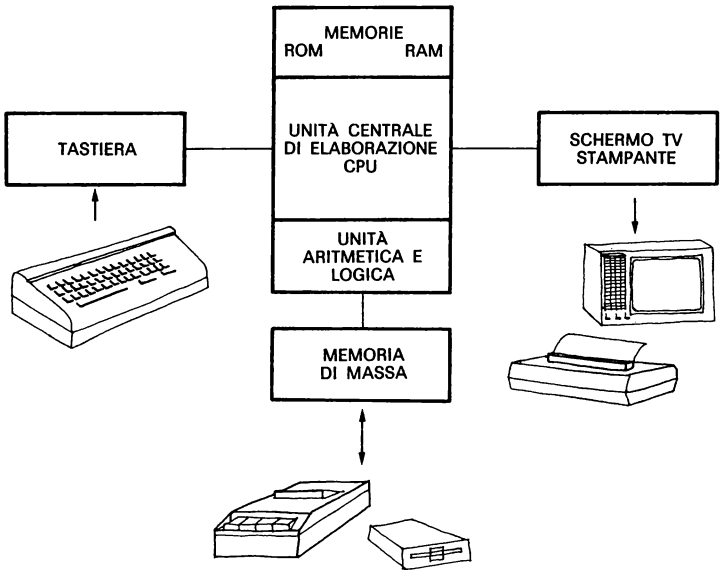


Fig. 2

mente un gruppo di otto bit, si può rappresentare o un valore numerico o un carattere. Nei personal computer si usano solitamente cifre di otto bit. Sono stati creati diversi sistemi di codifica standardizzati e accettati dalla grande maggioranza dei costruttori per la individuazione

delle lettere dell'alfabeto, dei numeri, dei segni speciali come la punteggiatura e dei segni speciali corrispondenti a particolari funzioni di elaborazione o di macchina.

Uno di questi codici, noto come ASCII che sta per American Standard Code for Information Interchange e si pronuncia *aschi*, è stato accettato dalla quasi totalità dei costruttori di personal computer. Si distinguono due tipi di memoria: la memoria ROM (*Read-Only Memory*) che è permanente, cioè non si perde quando si spegne l'elaboratore e contiene il programma di base dato dal costruttore, e la memoria RAM (*Random-Access Memory*), cioè quella in cui vengono immagazzinati il programma sul quale si lavora e le sue successive elaborazioni. Questa parte della memoria si perde quando il calcolatore si spegne e può essere « salvata » trasferendola e registrandola con opportuni comandi su nastro o dischetto magnetici, che costituiscono appunto la memoria di massa esterna.

La memoria di massa. Nei personal computer si può « caricare » — così si dice in gergo — un programma alla volta. I programmi, come si è visto poco sopra, risiedono su supporti magnetici esterni, che possono essere il nastro magnetico contenuto nella comune cassetta Philips e impiegato collegando un normale registratore a cassette con il computer, o un disco flessibile (*floppy disk*) di dimensioni ridotte, che viene letto da una speciale unità che si chiama *drive* e che ricorda vagamente, come abbiamo già detto, un mangiadischi. Il disco consente la lettura istantanea di un programma in qualsiasi punto sia collocato (all'inizio, in centro, in fondo). Il nastro viene letto sequenzialmente, quindi il caricamento del programma da nastro è molto più lento in quanto per trovare la parte che interessa, nella maggioranza dei casi, si deve far scorrere buona parte del nastro stesso. Il sistema di lettura del disco è ovviamente molto più costoso del sistema di lettura del nastro.

Le unità di ingresso e uscita (input output). La tastiera, simile a quella delle macchine da scrivere o integrata da una tastiera numerica a lato; il registratore a

nastro; uno o due *drive* per *floppy disk*, sono le tipiche unità di *input* o di ingresso per i dati e per i programmi. Un televisore di casa o un monitor, una stampante (ne esistono di moltissimi tipi), sono le più tipiche unità di *output* o di uscita dei dati elaborati.

I programmi. I programmi per gli elaboratori sono un insieme di istruzioni che l'elaboratore può leggere e che dicono quale tipo di calcoli, confronti, operazioni, l'elaboratore stesso debba fare. I programmi hanno una loro struttura, un inizio, una fine, un loro sviluppo logico e procedurale, che li rende uno strumento molto interessante per l'apprendimento. Sono scritti con linguaggi codificati di vario tipo e di varia denominazione, molto vicini al linguaggio naturale, che si chiamano linguaggi di programmazione o linguaggi evoluti. Nei personal computer i linguaggi evoluti che più frequentemente si usano per la programmazione sono il BASIC (Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code) e il Pascal.

Questa descrizione degli elementi di cui si compongono l'hardware e il software ci consente di precisare meglio le espressioni ' microelaboratore ', ' elaboratore personale ' o ' personal computer ', usate fino a questo punto. Intanto diciamo che non tutti i personal computer sono uguali, e deve pur esserci una differenza se il costo va da qualche centinaio di migliaia di lire fino agli otto, dieci milioni. Naturalmente il costo varia in funzione della configurazione che si sceglie (elaboratore, presenza o meno del *drive*, ecc.), ma cambia anche in funzione della capacità e quindi delle possibilità di applicazione.

Anche i criteri di classificazione dei personal computer non sono univoci, anzi essi sono mutati molto di frequente, con riferimento all'aumento delle capacità di elaborazione e agli usi e applicazioni. Qui si rinuncia a riportare una classificazione qualsiasi e si cercherà invece di chiarire i criteri per determinare la configurazione del personal computer che può essere necessaria nella scuola.

L'elaboratore serve anche per imparare. Il personal computer sembra tra i tanti tipi di elaboratori esistenti

quello più adatto alle esigenze della scuola. La sua utilizzazione a scopi didattici presenta vantaggi notevoli rispetto agli elaboratori di grandi dimensioni. Ma né l'enfasi data in queste ultime righe, né l'attenzione che verrà dedicata successivamente nel testo all'elaboratore personale, devono far pensare che esso abbia soppiantato o che soppianterà progressivamente in futuro l'elaboratore di grandi dimensioni. Solamente si vuole mettere in rilievo come l'elaboratore personale sia lo strumento ideale per le applicazioni didattiche, per quel processo, cioè, la cui analisi costituisce l'oggetto principale del libro.

L'evoluzione subita dagli elaboratori è tale che accanto a sistemi relativamente vecchi coesistono sistemi giovani e giovanissimi; così come accanto a sistemi relativamente generici quanto a impiego esistono sistemi per usi specializzati. A esempio di questa diversificazione ricordiamo gli elaboratori per la programmazione o il controllo della produzione, con differenti configurazioni á seconda dei diversi processi industriali, e gli elaboratori per il controllo delle comunicazioni, del traffico, per la diagnostica medica ecc. Il dinosauro è coevo dell'elefante e della pulce. Questa sorprendente evoluzione in atto non si bloccherà di certo allo stadio attuale; nei laboratori di ricerca presso le grandi aziende costruttrici, nelle università si studiano e si realizzano i prototipi degli elaboratori che entreranno in produzione negli anni a venire. Mentre i nuovi computer coesisteranno con i vecchi o meno vecchi per lungo tempo ancora.

Come avere un'idea dei cambiamenti che si preparano, come comprenderli, studiarli, portarli nella scuola? L'unico modo è di studiarli e analizzarli in base ai princìpi sui quali si fondano, ossia quelli che da sempre sono alla base dell'informatica e degli elaboratori. Sarebbe pericoloso fare il contrario, spostare cioè l'attenzione dai princìpi alle macchine. Si rischierebbe di fondare le conoscenze su mezzi e strumenti che necessariamente risulteranno diversi da quelli che gli studenti incontreranno nella loro vita di lavoro, al termine del ciclo scolastico. Le macchine saranno diverse in conseguenza del

progresso tecnologico che in cinque, dieci anni può portare modifiche nella velocità operativa e nelle parti componenti, ma non nei princìpi fondamentali. Il video, cioè il tubo catodico, sarà sostituito da uno schermo piatto, e la macchina diventerà sempre più veloce, ma essi sono un mezzo dell'elaborazione, importanti quanto si vuole, tuttavia sempre mezzi o pezzi di tecnologia, cose ben diverse dall'assetto teorico globale dell'informatica.

Nella scuola, lo scopo al quale si deve mirare è di dare la dimensione informatica fin dall'inizio del processo formativo e educativo, al momento cioè in cui si acquisiscono i modelli di ragionamento e le conoscenze di base della cultura moderna. L'elaboratore è strumento e tramite di questa conoscenza. E, per i fini didattici, si può e si deve scegliere l'elaboratore personale perché, tra i tanti che esistono, è il più piccolo e il più semplice da far funzionare. Inoltre esso comporta anche altri indiscutibili vantaggi: non necessita della costosa manutenzione e assistenza che richiedono le macchine di grandi dimensioni, non ha bisogno di essere avviato da tecnici in camice bianco e, caricato il programma, lo si può far partire con un comando semplice e facile da ricordare, che viene battuto sulla tastiera. Inoltre è facilmente trasportabile: può essere portato in qualsiasi aula, proprio perché non richiede alcun collegamento speciale. Si inserisce la spina nella presa di corrente, si mette l'interruttore sulla posizione di « acceso », ed è tutto quanto è necessario per iniziare. Ma il vantaggio più significativo risiede nel suo costo contenuto: oggi, un personal computer può essere acquistato con una cifra che va da qualche centinaio di migliaia di lire agli otto, dieci milioni. Sono cifre che sembrano abbordabili anche dalla scuola.

Come scegliere un elaboratore per la scuola. È sempre opportuno che chi considera l'acquisto di un personal computer non decida casualmente, affidandosi solo all'aver visto, sentito parlare, notato la pubblicità di una macchina. Un primo elemento determinante nella decisione deve essere la quantità e la qualità di software, cioè di pro-

grammi disponibili che possono girare su una determinata macchina. Mai come nel campo della microelettronica è vera l'espressione: « *software comes first* », cioè il software, i programmi, sono più importanti dell'hardware, quindi della macchina. Si deve accordare la preferenza ad una macchina piuttosto che a un'altra nella misura in cui esiste un software ampio, flessibile, utilizzabile. In campo educativo la scelta quindi dovrebbe cadere su quei personal computer per i quali esistono programmi già ampiamente sviluppati e collaudati. Bisogna evitare che la scuola diventi l'ultimo rifugio per macchine altrimenti non esitabili, o per sistemi che il mercato rifiuta; al contrario, la scuola deve poter scegliere tra le opzioni più interessanti che l'offerta propone.

L'offerta di personal computer è molto articolata e si può dire con certezza che la maggior parte delle macchine disponibili è di buona qualità, se si fa riferimento al rapporto costo/prestazioni. La scelta deve poi tener conto dello scopo per il quale si sceglie l'elaboratore, della quantità di memoria disponibile per l'utente, del supporto di memoria (se a nastri o a dischi).

L'utente ultimo della macchina, in questo caso l'allievo, è certamente affascinato dall'elaboratore e ha, in generale, minori problemi dell'insegnante per adattarsi alle differenti modalità d'uso che la macchina comporta. C'è chi sostiene che, avendone i mezzi, bisognerebbe cambiare le macchine come, via via, si cambiano i giocattoli o le biciclette. I giocattoli usati, le biciclette divenute troppo piccole, possono restare ai fratelli minori che arrivano dopo nella scuola, perché compiano anch'essi la loro esperienza.

I personal oggi disponibili sul mercato sono resistentissimi e sono a prova di bambino. Anche quelli che hanno una tastiera con tasti mobili sono, come dicono gli americani, « a prova di marmellata ». Vale a dire che, se per caso in un difficile equilibrio di digitazione la marmellata dovesse rovesciarsi sui tasti, non succederebbe alcunché, l'elaboratore continuerebbe a funzionare. Ci sia consentita

questa digressione nel linguaggio pubblicitario, per sottolineare che è fondamentale che i ragazzi tocchino e quindi usino l'elaboratore senza inibizioni. È accaduto invece che in qualche scuola, attorno al personal computer, alcuni professori, per evitare chissà quali danni alla macchina, hanno costruito con il metodo del « far da sé » complicate scatole o casse. Un poderoso lucchetto, con chiave in segreteria, sigilla il tutto e impedisce, soprattutto agli allievi, ma certamente anche a molti insegnanti, un uso intelligente della macchina. Questa fine ingloriosa di un indovinato acquisto è l'esatto contrario di quanto dovrebbe accadere, ossia del fatto che tutti dovrebbero avere a disposizione l'elaboratore personale per il maggior tempo possibile.

Quanti elaboratori servono? Almeno uno per scuola, meglio un elaboratore per corso o per classe. Meglio ancora un'aula con una dotazione di almeno dieci personal attorno ai quali possano lavorare da venti a trenta ragazzi. Prima di parlare di metodi e di tecnologia didattica collegata all'elaboratore è opportuno fare una riflessione sulla gradualità, anche numerica, con la quale l'elaboratore personale si diffonderà nella scuola. Necessariamente quindi l'utilizzazione didattica dovrà essere mediata e valutata situazione per situazione. Nell'esposizione delle tecniche didattiche che viene svolta nei paragrafi seguenti si è tenuto conto di ciò; non si sono cioè prefigurate situazioni ottimali, di copertura totale. Al contrario si sono tenuti sempre presenti i vincoli che derivano da una scarsa presenza di elaboratori.

Solo a lettura ultimata, ci auguriamo, sarà più semplice rispondere alle domande: quale elaboratore personale scegliere? e quanti elaboratori servono? A questo punto del testo le risposte sono state appena delineate più per sottolineare l'esistenza del problema e per impostarne la soluzione. Le possibilità di soluzione si verranno chiarendo via via che si procederà con l'esposizione. A un ultimo, pratico interrogativo vale la pena di dare subito una risposta rapida: dove si acquistano i personal

computer? Anche in questo campo il personal computer ha portato molte innovazioni.

Quando l'elaboratore era soprattutto un prodotto industriale, veniva venduto direttamente dalle grandi ditte costruttrici agli utilizzatori; da quando è diventato « personale » lo si può acquistare in negozio, come si acquistano in negozio molte macchine e attrezzature per ufficio. Vi sono quindi negozi che vendono elaboratori personali, e che funzionano anche come centri di diffusione di informazioni e di consulenza sull'uso degli elaboratori, soprattutto per quanto riguarda le piccole applicazioni gestionali, ma ormai anche per le applicazioni scolastiche. Questi negozi, veri e propri punti di vendita al dettaglio, hanno un nome nuovo e particolare, si chiamano « computer shop » e distribuiscono non solamente le macchine, cioè l'hardware, ma anche il software. In Italia se ne contano ormai 200 circa. I punti di vendita che forniscono personal computer sono però ben di più. Infatti se si includono le « software house », cioè quelle organizzazioni che producono software su commissione, i rivenditori di macchine per ufficio e i negozi di hi-fi, si arriva alla cifra abbastanza sorprendente di 1.500. Questi punti di vendita possono anche prestare quei servizi di assistenza e di manutenzione limitata che occasionalmente gli elaboratori richiedono.

Come trovare un computer shop o una software house? Nelle *Pagine gialle*. Nelle grandi città nella *Edizione per il lavoro*, alla voce « Elaboratori elettronici ». Oggi però anche molti propagandisti scolastici, in particolare quelli che trattano prodotti audiovisivi, possono essere un buon tramite tra la scuola, l'elaboratore personale e il software educativo che gli editori stanno sviluppando.

Come usare e compiere esercitazioni con il personal computer. L'elaboratore personale è quindi lo strumento ideale per portare l'informatica nella scuola e per consentire quella sperimentazione che deve essere alla base dell'apprendimento. Sperimentazione che deve essere estesa anche alla conoscenza dei linguaggi di programmazione e

al software applicativo e in questo caso deve essere specifica a seconda dei vari indirizzi scolastici.

Il momento della esercitazione è importantissimo e non è da sottovalutare. Per rendersene conto basti pensare a quale importanza abbia in tutto lo scenario dell'informatica un primissimo e elementare passo, quello rappresentato dall'apprendimento dell'uso della tastiera.

Uno dei modi più immediati di comunicare con l'elaboratore — e lo sarà ancora per molti anni — è rappresentato dalla battitura delle istruzioni sulla tastiera, che è molto simile alla tastiera di una comune macchina da scrivere. Per quanto non sia difficile acquisire questa abilità, in Italia pochissime persone la posseggono. In quanti uffici pubblici, in quante banche le code si allungano agli sportelli perché un impiegato con le mani strette a pugno, gli indici uncinati, rigidi e saltabeccanti, ha difficoltà a riempire con quattro cifre e due righe un modulo che deve essere compilato a macchina? Questa è una situazione che dovrà cambiare se si vorrà procedere a una crescente automazione dei lavori d'ufficio. A scuola si dovrà quindi imparare a usare correttamente, con dieci dita, la tastiera dell'elaboratore. A che servirebbe altrimenti avere delle macchine così veloci, complesse e costose come sono i grandi elaboratori, se poi si deve sprecare tempo a compitare con esasperante lentezza le istruzioni?

Un altro vantaggio importante per la conoscenza dell'hardware è dato dalla possibilità di sollevare il coperchio della macchina per capire di che cosa si compone. Saperne individuare le parti, conoscerne il funzionamento, poter fare le sostituzioni consentite, è un modo per demitizzare l'elaboratore elettronico e per portarlo ad una corretta dimensione d'uso. Un microcalcolatore che consente questa possibilità in quanto è progettato per la didattica è il Nanocomputer della SGS-ATES. Realizzato alcuni anni fa ha avuto una buona diffusione negli insegnamenti a indirizzo tecnico-elettronico non solo in Italia, ma anche all'estero. Il sistema didattico Nanocomputer consiste di un microcalcolatore didattico al quale è collegata una base sulla quale è possibile innestare e disinnestare dei circuiti

di prova senza doverli saldare. Tre libri introducono lo studente allo studio del calcolatore e della logica binaria, fino alle tecniche di programmazione e dell'interfacciamento di un microprocessore.

Passiamo ora all'esame del software.

I linguaggi di programmazione. Tutti gli elaboratori funzionano in modo da operare semplici scelte binarie. L'insieme delle istruzioni elementari che l'elaboratore accetta direttamente al livello di macchina, in quanto interagisce con essa, costituisce il linguaggio di base o di macchina. Pertanto per risolvere un problema con un elaboratore elettronico occorre formularlo nei termini e con i passi previsti del linguaggio di macchina. I linguaggi di macchina di solito differiscono da elaboratore a elaboratore e voler ripetere oggi la programmazione nel linguaggio di macchina che si usava agli albori della storia del computer è estremamente complicato e soggetto a errori.

A un livello di astrazione maggiore e per rendere più agevole la programmazione, sono stati sviluppati i linguaggi simbolici. Tra questi, in ordine di tempo, i primi a comparire sono stati i linguaggi assemblatori, che tuttavia sono ancora molto legati alla struttura interna della macchina, e quindi non sono universali. I linguaggi assemblatori sono oggi usati dai professionisti dell'informatica per rendere più spedita la programmazione e per sfruttare al massimo le capacità della macchina. Per rendere ancor più semplice la programmazione, in connessione anche allo sviluppo degli elaboratori elettronici e alla loro diffusione, negli anni '50 si cominciarono a studiare linguaggi evoluti, più simili al linguaggio naturale. Data l'origine statunitense dell'elaboratore, questi linguaggi nacquero in inglese e si diffusero in lingua inglese in tutto il mondo, persino in Unione Sovietica, dove vengono inputati da tastiere con caratteri cirillici, e in Cina e Giappone. Oggi essi sono una specie di esperanto informatico, un linguaggio universale della scienza, che sembra così aver realizzato il suo sogno di sempre.

L'identità di lingua rappresenta un indiscutibile vantaggio per i paesi anglofoni anche al livello della scuola; altrove si trasforma in un ostacolo da superare. Anche se il vocabolario dei linguaggi di programmazione è molto ridotto, anche se la loro sintassi è molto concisa, è pur vero che il loro insegnamento e apprendimento richiede a insegnanti e allievi la cui lingua madre non è l'inglese un appesantimento del lavoro e uno sforzo in più.

Quando le sue applicazioni erano tipicamente commerciali, industriali, scientifiche, l'elaboratore era conosciuto in ambienti e gruppi di persone relativamente ridotti. La cultura dell'informatica si acquisiva prevalentemente sul campo e chi vi accedeva aveva una preparazione di base che consentiva agilmente di superare i problemi posti da una sintassi e da un vocabolario espressi in un'altra lingua. Ora all'informatica ci si avvicina in tanti, e nella prospettiva di una sua diffusione di massa il problema dell'apprendimento dei linguaggi di programmazione, anche al di fuori della scuola, si presenta notevolmente più complesso.

Prima di affrontarlo vale la pena di ripercorrere brevemente la storia dei principali linguaggi evoluti, così da averne presenti le caratteristiche e le ipotesi che ne hanno giustificato l'introduzione.

Il primo linguaggio evoluto è stato il FORTRAN (FORmula TRANSlation) sviluppato dalla IBM nel 1954 e a partire dal 1961 disponibile per quasi tutti gli elaboratori. ALGOL, COBOL, PL/1, sono altri linguaggi evoluti assai noti e diffusi. La loro creazione si è giustificata in vario modo e a fronte di diverse spinte e esigenze. ALGOL per superare i problemi posti dal monopolio IBM per il FORTRAN; COBOL in relazione a esigenze di utilizzazione commerciale e gestionale; PL/1 per poter far fronte alle necessità imposte dai nuovi elaboratori degli anni '60 che funzionavano in multiprogrammazione, cioè in accesso multiplo.

Con la stessa motivazione e per l'utilizzo dell'elaboratore a ripartizione di tempo (*time sharing*) nel 1964 venne creato il BASIC che nasce dalla collaborazione tra

il Dartmouth College e la General Electric. Le ipotesi sulle quali si fonda il BASIC (Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code) si ricavano dal significato della parola inglese *basic*, che si traduce in italiano con « basilare, fondamentale ». Basilare e fondamentale non solamente rispetto all'informatica, ma anche rispetto alla possibilità di accesso e di apprendimento degli utilizzatori. La sua facilità di uso prevale sul fatto che sia un linguaggio relativamente vecchio, nato cioè quando gli elaboratori erano molto costosi e avevano scarse capacità di memoria. Oggi il BASIC è uno dei linguaggi più diffusi non solamente per programmare i grandi elaboratori, ma anche i piccoli. Non c'è elaboratore personale che non possa essere programmato in BASIC o in uno dei suoi dialetti. Quindi il BASIC è un linguaggio che bisogna conoscere e che deve essere portato nella scuola.

Ricordiamo che un programma è una serie ordinata di istruzioni date alla macchina al fine di giungere a un risultato. Per realizzare un programma bisogna analizzare il problema, scomporlo nelle sue componenti e esprimerlo in operazioni elementari, renderlo in un linguaggio comprensibile dall'elaboratore, in un linguaggio di programmazione, quindi. Un programma in linguaggio BASIC, come in un qualsiasi altro linguaggio, consiste in una serie di istruzioni che l'elaboratore segue per giungere al risultato, cioè adempiere a un compito determinato. Il programma è costruito riga per riga, le righe sono numerate in genere con multipli di 10, così che, se necessario, si possano inserire altre righe nella sequenza.

Qui di seguito sono riportati due esempi di programmi in BASIC relativi a due problemi elementari: uno dà la risposta a una semplice domanda del tipo « Qual è la capitale d'Italia? » e implica un confronto con varie risposte possibili; l'altro determina l'area del cerchio, dato il raggio, e implica un calcolo. Abbiamo ritenuto opportuno riportare degli esempi di programmazione per due motivi: 1. per fornire un esempio concreto e accessibile anche al lettore meno esperto, 2. per dare un elemento di confronto con altri linguaggi di programmazione meno

noti, ma più interessanti per la didattica, di cui si parlerà in seguito. Il programma relativo al primo esempio è stato scritto per un personal computer Apple II con la simbologia che esso accetta. Il nostro computer non dovrà fare nessun calcolo, ma dovrà elaborare dei confronti.

L'operatore batte sulla tastiera le istruzioni dopo essersi assicurato con la parola NEW (nuovo) che nel calcolatore non ci siano altri programmi. Ecco il problema: l'elaboratore chiede « Qual è la capitale d'Italia? » e confronta le risposte che sono immesse da tastiera; deve stabilire se sono giuste o errate.

```
10  PRINT "QUAL E' LA CAPITALE D'
     ITALIA ?"
20  INPUT I$
30  IF I$ = "ROMA" THEN  PRINT "E
     SATTO": GOTO 60
40  IF I$ > < "ROMA" THEN  PRINT
     "ERRATO"
50  GOTO 20
60  END
```

PRINT, INPUT, IF... THEN, GOTO, END, sono parole del linguaggio BASIC. Vediamo di interpretarle. È come se avessimo detto all'elaboratore:
Poni la domanda, cioè stampa (PRINT) « Qual è la capitale d'Italia? ». L'elaboratore si aspetta una risposta (INPUT) dalla tastiera (I$). Se (IF) la risposta (I$) è = « Roma » allora (THEN) stampa (PRINT) « esatto! ». Vai (GOTO) alla riga 60. Fine del programma (END). Se (IF) la risposta è diversa (< >) da « Roma » allora (THEN) stampa (PRINT) « errato! ». Quindi vai (GOTO) alla riga 20 per riproporre in modo ricorsivo il problema. La documentazione esterna del programma può essere rappresentata anche da un diagramma particolare, che si chiama diagramma di flusso o *flowchart*. Il diagramma di flusso del nostro semplice programma è riportato alla Fig. 3.

La scrittura di ogni riga deve essere seguita dalla battitura del tasto di invio, in questo caso il tasto sul quale è scritta la parola RETURN. Ultimata la scrittura del programma, l'elaboratore lo eseguirà, se verrà data attraverso la tastiera l'istruzione RUN seguita dalla bat-

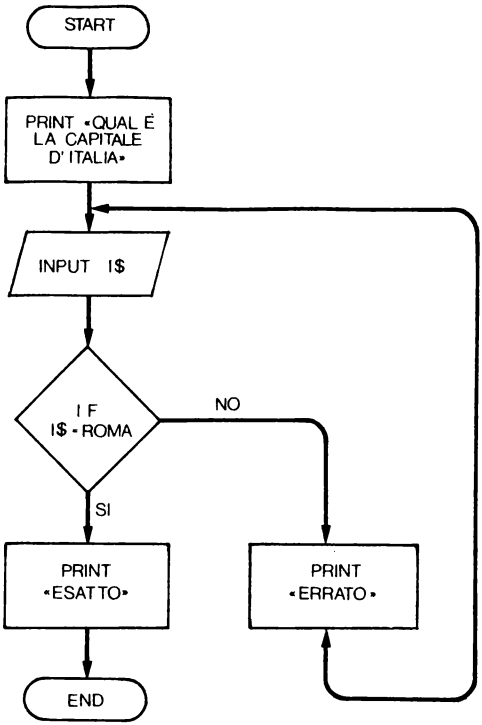


Fig. 3

titura del tasto RETURN. Se sulla tastiera si batte « Milano » ecco che cosa succede:

```
]RUN
QUAL E' LA CAPITALE D'ITALIA ?
?MILANO
ERRATO
?BARI
ERRATO
?ROMA
ESATTO
```

Se invece si batte « Roma » l'elaboratore conferma l'esattezza della risposta. Attenzione però che se in un

Apple la parola « Roma » viene seguita dalla battitura, voluta o meno, del tasto di spaziatura (che non fa comparire nessun carattere sullo schermo) allora la risposta dell'elaboratore sarà « errato! ». Infatti quell'indefettibile macchina logica che è il computer ha attribuito un significato anche allo spazio, e operando il confronto con il termine che ha in memoria ha riscontrato una differenza. Di qui la sua risposta « errato! ».

Passiamo al secondo programma che comporta l'esecuzione di un calcolo. Il problema è determinare l'area del cerchio dato il raggio. Ecco come potremo scrivere il programma per il nostro Apple II:

```
10  PRINT "AREA DEL CERCHIO"
20  INPUT R
30  PRINT R    2 * 3.14159
40  GOTO 10
```

Vediamo di commentarlo o come si dice più tecnicamente di documentarlo. Questa operazione può sembrare

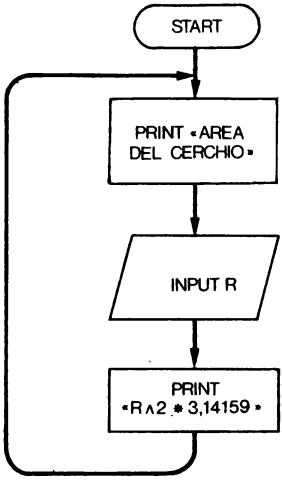


Fig. 4

agevole e lo è perché si tratta di 5 righe di programma. Diventa laboriosa e assai complessa per il BASIC, quando il programma è di qualche centinaio o più di righe. Ecco comunque il significato del nostro programmino: Stampa (PRINT) la frase « Area del cerchio ». Attendi che dalla tastiera sia dato un valore alla variabile *r* (INPUT R) che è il raggio. Stampa (PRINT) il valore del calcolo (R ∧ 2 * 3,14159). Vai (GOTO) alla riga 10 per eseguire ricorsivamente il programma. Per il diagramma di flusso vedi Fig. 4. Con il rimando alla riga 10 abbiamo creato un *loop*, un anello. Sullo schermo l'elaboratore farà apparire il titolo dell'esercizio, come era previsto dal programma, e nella riga successiva un punto interrogativo.

```
AREA DEL CERCHIO
?
```

Se si indica un valore numerico (10 nel nostro esempio) comparirà prontamente un altro valore che è il risultato desiderato, cioè 314,159. Intuitivamente verifichiamo che corrisponde all'area di un cerchio di raggio 10.

```
]RUN
AREA DEL CERCHIO
?10
314.159
```

Avremmo potuto scrivere il programma sempre per questo calcolatore in un dialetto del BASIC, l'Applesoft, che è un BASIC più potente e arricchito della parte grafica. In questo caso avremmo potuto chiedere all'elaboratore di disegnarci un cerchio (proporzionale) di raggio *r*.

Con questo nostro esempio abbiamo introdotto un nuovo aspetto del problema: non tutti i BASIC sono uguali. Per ragioni di concorrenza, ogni microelaboratore ha il suo BASIC che differisce leggermente da quello usato dagli altri. In questo modo però non si agevola di certo la soluzione del problema della introduzione del calcolatore nell'educazione, perché l'insegnante che volesse scrivere da sé i propri programmi dovrebbe conoscere i dif-

ferenti dialetti del BASIC usati sulle differenti macchine, per l'eventualità che si trovasse nella condizione di dover passare da una macchina ad un'altra.

Il BASIC è uno dei linguaggi di programmazione più diffusi e più conosciuti, ma se è facile e semplice da dominare quando il programma non è molto lungo o molto complesso, esso mostra tutti i suoi limiti quando il programma si complica e quando il numero delle righe raggiunge il migliaio o più; la linearità, in questo caso, ne rappresenta il limite maggiore. L'istruzione GOTO e altre simili sono responsabili dell'aggrovigliarsi del programma, che diventa una matassa difficile da districare. Gli americani parlano di *spaghetti programming* perché le istruzioni sono talmente intrecciate che è difficile seguirle logicamente, come in un piatto fumante di spaghetti è difficile distinguere un filo di pasta da un altro. Troppo spesso il programma finisce per essere capito solamente da chi lo ha progettato, e a volte con difficoltà. Questo perché un programma non è che la versione della soluzione di un certo problema, soluzione che nella maggior parte dei casi non è unica.

Per questo motivo, a fianco di linguaggi lineari come il BASIC, se ne sono sviluppati altri che consentono la programmazione in modo più chiaro, più comprensibile, così che ne risulti anche più agevole la manutenzione. Tra i linguaggi non lineari che presentano questi vantaggi ricordiamo l'ALGOL e il più recente Pascal. Daremo un cenno rapido del Pascal perché molti costruttori di personal computer ne hanno elaborato una versione per le loro macchine, motivo per cui il Pascal assume un notevole rilievo didattico. Se la denominazione BASIC, in quanto acronimo, come si è detto, di « Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code », ci suggerisce qualcosa sul significato del programma, la denominazione Pascal non ci dice nulla se non che è proprio a Blaise Pascal, il grande scienziato e filosofo del XVII secolo che essa si riferisce.

Niklaus Wirth, docente di scienza degli elaboratori a Zurigo, è l'ideatore e il costruttore del Pascal. In prin-

cipio sembrava che questo linguaggio fosse destinato ad avere solamente un valore teorico e quindi che dovesse rimanere entro i confini delle università, come altre centinaia di linguaggi sperimentali; con il tempo tuttavia si è imposto per la sua validità. Ideato nel 1970 il Pascal, nella sua versione UCSD (University of California, San Diego), è uno dei linguaggi di programmazione di più sicuro avvenire.

Il Pascal consente, tra l'altro, di uscire dallo schema di sviluppo programmativo lineare al quale il BASIC e altri linguaggi costringono. Con il Pascal le procedure e le funzioni che vengono create sono dei veri e propri sottoprogrammi, cioè delle funzioni di base come lo sono le funzioni primitive sulle quali si fonda il vocabolario di un linguaggio; quindi tali funzioni, una volta definite, possono essere usate per altri programmi che così ne risultano semplificati. In ciò consiste la programmazione strutturata; essa rende più chiari e comprensibili i programmi e ne agevola la manutenzione. Infatti nel caso si presenti la necessità di intervenire, si modifica solamente la procedura che richiede di essere cambiata e la si reinserisce agevolmente nel programma. Con i sottoprogrammi si divide in piccoli segmenti un grande programma che così è più facile da scrivere, più facile da leggere e dal quale più facilmente si possono togliere gli errori. Questa ultima operazione è nota in gergo come *debugging*, un termine che in inglese si incentra sul vocabolo *bug* che vuol dire ' cimice ' e in genere qualsiasi insetto, ma che ha anche il significato metaforico di ' difetto '; quindi *debugging* è l'operazione del togliere i difetti e in informatica significa eliminare dai programmi tutti gli errori non intenzionali che si rendono palesi nella compilazione del programma stesso o nella sua esecuzione. Questi errori possono riguardare sia la sintassi che la semantica, sia cioè le relazioni fra i simboli, sia il loro significato.

Una importanza determinante assume nel Pascal come negli altri linguaggi l'algoritmo e l'algoritmizzazione del programma. Vediamo di entrare un po' più nel dettaglio del significato letterale e concettuale di questo termine.

Algoritmo, secondo il *Grande dizionario della lingua italiana* di Salvatore Battaglia è « ciascun simbolo adottato a rappresentare una grandezza numerica; calcolo algebrico » e deriva dal latino medievale *algorithmus* che risale a *algorismus* « cifra che esprime una quantità, calcolo numerico ». Ancora, questi lemmi derivano da al-Khwārizmī, nativo di Hwārizm, soprannome del matematico arabo del IX secolo Abū Ga'far Muḥammad ibn Mūsā che con le sue opere rinnovò nella cultura occidentale lo studio dell'algebra. Gli algoritmi più noti sono quelli collegati alla esecuzione delle operazioni aritmetiche cioè all'addizione, sottrazione, moltiplicazione, divisione, estrazione di radice, quadrata o cubica, ricerca del massimo comun divisore o del minimo comune multiplo. Nel concetto di algoritmo è implicito quindi il concetto di procedura di calcolo, e fu proprio Blaise Pascal a tentarne una delle prime meccanizzazioni con la sua macchina calcolatrice, conosciuta come *pascaline*.

È tuttavia in tempi a noi molto più vicini che l'algoritmo assume una importanza teorica e pratica determinante grazie alle possibilità consentite dalle procedure di calcolo automatico, dagli elaboratori e dagli studi dell'Intelligenza Artificiale. In senso più moderno quindi l'algoritmo è una procedura per risolvere un problema e rappresenta uno dei momenti più interessanti della didattica collegata all'elaboratore.

Ci sono vari modi per scrivere algoritmi. Ne ricordiamo due molto noti nella letteratura anglosassone: il metodo *top-down* (dal generale al particolare) che parte da una formulazione astratta di un problema espresso nel linguaggio naturale, mentre il punto di arrivo è una formulazione dettagliata che consente di risolvere il problema; il metodo *bottom-up* che analizza i problemi o le soluzioni dal particolare al generale.

I programmi degli elaboratori sono dunque degli algoritmi espressi in un certo linguaggio. Ci sono linguaggi che meglio si prestano a rendere eleganti e efficaci gli algoritmi, e uno di questi è il Pascal, per le ragioni che abbiamo brevemente elencato.

La ricerca nel campo dei linguaggi di programmazione è inarrestabile, sotto la spinta che viene dai mutamenti dell'hardware e delle esigenze crescenti dovute alle sempre più sofisticate e generalizzate applicazioni degli elaboratori. L'ultimo nato tra i linguaggi di programmazione è ADA, che, realizzato al livello formale, è famoso ancor prima di essere disponibile sulle macchine. La sua notorietà è legata alla attenta e allargata attività di ricerca, e all'ampia critica e verifica cui sono state sottoposte ipotesi che ne sono alla base.

Anche perciò vale la pena di ricordarne brevemente la storia. Il committente è il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti che coordina e controlla l'Esercito, la Marina e l'Aviazione: è intuibile come il suo sistema informativo sia tra i più complessi del mondo. Nel 1974 il Dipartimento della Difesa aveva verificato con varie ricerche che, proprio in ragione di questa complessità il sistema informativo, ancorché efficace, era condizionato da alcuni fattori limitanti e in primo luogo dalla diversità delle macchine che impiegava; poi dal rinnovamento e ampliamento continuo del parco macchine a seguito dell'immissione sul mercato di modelli di sempre maggiore potenza di elaborazione, e di sempre minor costo; e infine dai linguaggi molto complessi che utilizzava (si appurò che se ne impiegavano 450 e che mediamente la lunghezza di un programma era di 100 mila linee) [1]. Di qui emerse l'esigenza di trovare un linguaggio nuovo, nell'impossibilità di usare come linguaggio comune uno di quelli già esistenti.

A questo scopo, fu indetta una gara internazionale. La partecipazione fu veramente molto ampia e nel 1978 dopo una attenta e intensa attività di selezione restarono in lizza quattro linguaggi che vennero ampiamente divulgati, discussi, criticati, migliorati, finché nel 1979 il Dipartimento della Difesa ne scelse uno.

Il prescelto nasce in Europa presso la consociata fran-

[1] Cfr. Gian Luigi Castelli, *ADA. Un linguaggio per gli anni '80*, « Quaderni di informatica », n. 16, 1981.

cese della Honeywell, la CII-Honeywell Bull, sotto la direzione di J. Ichbiah. È ADA e prende il nome da Ada Augusta contessa di Lovelace, figlia di Byron, collaboratrice e amica di Charles Babbage, a sottolineare il fatto che il linguaggio è europeo e per ricordare l'attività scientifica di questa donna, morta a soli 36 anni, dopo una breve ma intensa vita che la vide negli ultimi anni molto vicina a quel genio precorritore dell'informatica che fu Babbage.

Dal 1980 è iniziato lo studio operativo del linguaggio ADA, se ne stanno studiando i compilatori, cioè i programmi di sistema che trasformano le istruzioni scritte in ADA nel linguaggio dei vari elaboratori. L'intera comunità informatica è in attesa di poterlo sperimentare.

A conclusione di questa breve e stringata rassegna dei linguaggi di programmazione dobbiamo concludere sottolineando l'importanza che hanno nel campo dei microelaboratori il BASIC e il Pascal. Inoltre dobbiamo dire che BASIC e Pascal, molto diffuso il primo e molto interessante il secondo dal punto di vista concettuale, sono alla base dell'apprendimento e della sperimentazione e esercitazione che non dovrebbero mancare nella scuola. Con il loro aiuto si dovrebbero poter scrivere semplici programmi applicativi nei settori delle materie economiche, tecniche e scientifiche. Ma i linguaggi evoluti non servono solamente a programmare la soluzione di problemi gestionali o scientifici; con i linguaggi di programmazione l'insegnante può preparare le proprie lezioni secondo le tecniche che saranno esaminate soprattutto nel paragrafo che segue (casella 3.1).

Non è questo però un compito così facile e alla portata di tutti. L'insegnante che non ha conoscenze approfondite nel campo dell'informatica può disporre però a questo fine di linguaggi semplificati. Sono i linguaggi per autori di corsi che sono stati sviluppati a partire dalla seconda metà degli anni '60; quasi tutti i costruttori di hardware ne hanno realizzato direttamente, o adattato, versioni per le loro macchine.

I linguaggi per autori di corsi, che in inglese vengono

denominati *authoring languages* e in francese *langages tutoriaux*, e che in Italia qualcuno chiama « linguaggi autore », sono semplificati rispetto ai linguaggi evoluti e sono stati studiati per quegli insegnanti che non sono molto esperti di informatica. I più noti linguaggi sono il TUTOR, usato all'interno del sistema PLATO della Control Data, COURSEWRITER e IIS della IBM, ASET della Univac, e il MASTER della Olivetti. Un linguaggio per autori che sembra meritare una citazione particolare è PILOT in quanto è stato adottato da molti costruttori di elaboratori personali. Ha quindi un suo carattere di generalità, mentre gli altri citati sono applicabili prevalentemente nell'ambito di un solo tipo di elaboratori, quelli della casa costruttrice che li ha progettati.

PILOT sta per Programmed Inquiry Learning or Teaching. Il PILOT originale fu studiato nel 1968 da un gruppo di ricercatori guidato da John A. Starweather della University of California, San Francisco. Lo scopo che essi si proponevano era di costruire un linguaggio facile da usare, applicabile all'insegnamento di tutte le discipline, e non a una in particolare, come allora spesso accadeva nelle prime applicazioni degli elaboratori alla didattica.

Il PILOT fu oggetto di nuovo interesse, di studio e di approfondimento negli Stati Uniti a partire dal 1976 con la diffusione dei microcomputer. Presso la Western Washington University, George Gerhold e Larry Kheriaty ne realizzarono una interessante versione che è denominata e conosciuta come COMMON PILOT. Studiata per un microprocessore standard, il Motorola 6800, ebbe tanto successo da essere commercializzata. Oggi ne esistono appunto versioni per i personal Atari, Radio Shack, Apple ecc. La Apple Computer ne offre una edizione arricchita, che sfrutta le capacità grafiche e gli effetti musicali della macchina Apple II.

Il PILOT della Apple consiste di ventidue istruzioni delle quali, come precisa il manuale per l'uso, circa una decina sono sufficienti per preparare una lezione. Con il PILOT è possibile porre domande allo studente, analiz-

zarne le risposte, mostrare grafici e diagrammi, produrre effetti musicali, prendere il tempo di risposta, registrare un giudizio valutativo. Il sistema si basa su di un dischetto (*mini-floppy*) che contiene il linguaggio e che funziona da *editor*. Serve cioè per preparare la lezione e quindi inserire, cancellare, copiare istruzioni che riguardano la composizione di un testo o il disegno di grafici, tabelle o caratteri, o musica. La lezione viene registrata su un secondo dischetto che può essere letto autonomamente dallo studente. Certo l'ideale sarebbe che al di là dei linguaggi per autori, per ogni disciplina tecnico-scientifica l'allievo potesse sperimentare la programmazione su casi e esempi concreti di matematica, di economia, di chimica, di fisica, di ragioneria ecc. Dovrebbe essere anche possibile compiere esercitazioni con software applicativo, magari semplice o semplificato rispetto a quello disponibile per le applicazioni professionali. Ciò darebbe agli studenti quella confidenza con gli elaboratori che è preziosa nella vita di lavoro. Il calcolo di una trave in cemento; la contabilità di magazzino; la gestione di un archivio anagrafico; la programmazione della produzione, l'analisi della regressione, l'analisi dei circuiti, non sono che alcuni degli esempi di software applicativo, disponibile sul mercato. Questo materiale didattico deve poter entrare nella scuola e gli allievi debbono avere la possibilità di usarlo e di sperimentarlo.

Software didattico interattivo e non. La soluzione dei problemi. Modelli. Simulazione. I giochi didattici (3.1)

Si può imparare attraverso l'elaboratore? Sì, in quanto esistono l'algoritmizzazione, i programmi, la soluzione dei problemi, ma anche perché l'elaboratore, secondo questo metodo, è visto come uno strumento della didattica. È il modo storicamente più vecchio per utilizzare l'elaboratore nel campo educativo.

In questo paragrafo, che corrisponde alla casella 3.1 della Fig. 1, possono trovare collocazione molte delle

sigle che soprattutto negli Stati Uniti si sono venute via via introducendo a proposito dei metodi di utilizzazione dell'elaboratore nella didattica. CAI, in primo luogo, che sta per Computer Assisted Instruction, significa educazione assistita dall'elaboratore; CAL, Computer Aided Learning, indica un tipo di software didattico meno interattivo; CMI, Computer Managed Instruction, e CML, Computer Managed Learning, sono sistemi che introducono possibilità di gestione e di valutazione complessiva e individuale degli allievi. Tutte queste sigle, che hanno in gran parte ormai soltanto un valore storico, possono essere riunite nell'espressione « Applicazioni dell'Elaboratore alla Didattica » (AEO) che trova riscontro nel francese *Éducation Assistée par Ordinateur* (EAO).

In tutti questi casi esiste un software didattico preconfezionato o sviluppato dall'insegnante che può essere di vario tipo, cioè può prestarsi a diverse utilizzazioni. Per interattività del software didattico si intende la possibilità che ha l'allievo di interagire con l'elaboratore. Attraverso l'elaboratore viene presentato un corso che si sviluppa secondo un determinato programma, trasmette delle conoscenze, verifica l'apprendimento dell'allievo attraverso un sistema di domande e di risposte. Siamo quindi di fronte a un tipo di insegnamento fortemente direttivo. Il corso può essere individuale nel senso che è personalizzabile e nello svolgimento muta a seconda della rapidità di apprendimento dell'allievo.

Questi corsi fortemente interattivi si sviluppano con le regole dell'istruzione programmata. Prima di esaminarli più a fondo vediamo rapidamente che cosa è l'istruzione programmata, come si sia trasferita in alcune applicazioni degli elaboratori alla didattica, e in cosa consistano le critiche che si fanno a queste applicazioni. L'istruzione programmata, che si avvale cioè di un percorso programmato che si adegua secondo le conoscenze e le capacità dello studente, nasce negli Stati Uniti. A uno psicologo della Ohio State University, Sidney L. Pressey, si deve la prima macchina per insegnare o *teaching machine.*

Questa macchina, progettata nel 1925, prospettava

all'allievo, una alla volta, diverse domande. L'allievo premeva una leva per indicare la sua risposta e la macchina non passava alla domanda successiva finché l'allievo non dava la risposta esatta. In caso di risposta esatta un dolcetto cadeva da uno scivolo, l'allievo era premiato e arricchiva lo spirito e il corpo.

Il quadro teorico di riferimento dell'istruzione programmata è dato dalla psicologia comportamentista, che partita dall'analisi del comportamento animale si è sviluppata in seguito con lo studio dell'apprendimento nell'uomo. Fondata dalle ricerche del fisiologo russo Ivan Pavlov, che condussero alla definizione del « riflesso condizionato », verso la fine degli anni '20 si sviluppò nella direzione dello studio dell'apprendimento del bambino grazie alle analisi di John B. Watson, che un harvardiano, Burrus F. Skinner, ritornando alla sperimentazione sugli animali, estese ulteriormente. Sono largamente note le sue ricerche con la macchina di apprendimento conosciuta come « gabbia di Skinner », che condussero alla definizione del condizionamento strumentale. Negli anni '50 compaiono i suoi lavori sul concetto di istruzione programmata. Un articolo apparso nel 1954 sull'« Harvard Educational Review », intitolato *The Science of Learning and the Art of Teaching* (La scienza dell'apprendimento e l'arte dell'insegnamento), ne segna la data di nascita.

Secondo i princìpi teorici dell'istruzione programmata l'apprendimento avviene secondo un meccanismo di « stimolo » e di « risposta » (S-R). A ogni comportamento corretto viene fornita al soggetto una ricompensa, tecnicamente chiamata « rinforzo ». Nel campo dell'istruzione programmata la ricompensa immediata consiste nella verifica della risposta esatta e nella gratificazione che ne deriva. Le ricompense vengono distribuite a mano a mano che l'allievo procede con risposte esatte a quesiti che si succedono — con il metodo di Skinner — a intervalli ravvicinati, e all'interno di un programma che si sviluppa linearmente, senza altri supporti didattici, se non il programma stesso.

Condivide con Skinner la primogenitura delle tecniche

di istruzione programmata lo psicologo Norman A. Crowder. Crowder, che proviene dal settore industriale, ha il merito di aver sviluppato la scarna e lineare istruzione programmata di Skinner con itinerari più complessi, ramificati. Con il suo metodo il materiale didattico sottoposto all'allievo è più articolato. Le risposte si succedono a intervalli meno frequenti e sono multiple. Con le sue risposte lo studente determina il percorso successivo, che si sviluppa all'interno del programma, graduando quindi i suoi progressi secondo le sue capacità di apprendimento. Il metodo di Crowder si colloca sostanzialmente all'interno della teoria stimolo-risposta (S-R), a cui abbiamo sopra accennato, anche se non del tutto propriamente, in quanto, non fornendo una conoscenza immediata del risultato, non offre un rinforzo.

L'istruzione programmata si articola attraverso diversi veicoli di supporto: libri, le cui pagine contengono anche le risposte ai quesiti espressi, che con il metodo di Skinner si succedono in sequenza, secondo la normale e consueta numerazione, e che invece secondo quello di Crowder vengono presentate mischiate; le macchine per insegnare, più avanzate di quella di Pressey; mezzi audiovisivi; e finalmente l'elaboratore. Questo tipo di istruzione dà allo studente un *feedback* attraverso la correzione o la conferma di ogni risposta. La possibilità di offrire allo studente una velocità con cui procedere consona alle sue capacità di apprendimento, è il cardine dell'istruzione programmata intesa nel senso più moderno. I suoi sostenitori affermano che proprio per questo essa è assai più valida dell'istruzione tradizionale, e inoltre consente una partecipazione diretta al programma educativo che in quella tradizionale non si ha se non raramente, quando l'insegnante concentra la sua attenzione sull'allievo.

L'istruzione programmata non avrebbe probabilmente fatto molta strada se non fossero comparsi gli elaboratori elettronici, in particolare quelli della seconda generazione, che con la possibilità del loro uso in *time sharing* permettono l'impiego contemporaneo del computer da parte di più utilizzatori per mezzo di terminali. La multipro-

grammazione, resa anch'essa possibile per mezzo di queste macchine, offre la possibilità di uso simultaneo di più programmi didattici.

Come è stato ricordato all'inizio di questo volume, un contributo decisivo allo sviluppo degli studi sull'apprendimento derivò dalla comparsa degli elaboratori della prima e della seconda generazione e dalla cibernetica. In quel periodo l'elaboratore imparava anche a giocare a scacchi e progettando questi giochi si simulava il comportamento umano di reazione e di risposta. Si gettavano insomma le basi di quei programmi che oggi vanno sotto il nome di Intelligenza Artificiale.

Le ricerche sull'apprendimento e le tecnologie dell'istruzione, si evolvevano di pari passo. In contrapposizione alle teorie comportamentistiche e di Skinner in particolare, se ne sviluppavano altre ugualmente consistenti e interessanti. Ci riferiamo alle teorie cognitiviste. Si determinava così una dicotomia i cui riflessi si avvertono ancora oggi.

L'apprendimento, secondo le teorie cognitiviste, avviene in assenza di ricompensa e quindi di rinforzo. Si tratta di un apprendimento che, secondo quanto affermano E. C. Tolman e gli psicologi della Gestalt loro ascendenti, consente, attraverso l'esplorazione e la conoscenza di un ambiente, o attraverso il gioco, di acquisire delle informazioni che non vengono utilizzate subito, ma solamente assunte in modo inconsapevole e usate in un secondo tempo. Siamo all'opposto del comportamentismo. Si rifiuta il laboratorio, in quanto ambiente artificiale, mentre viene data l'attenzione massima al comportamento nell'ambiente naturale.

Gli echi di queste due tendenze, quella degli psicologi comportamentisti della corrente skinneriana e quella degli psicologi cognitivisti, sono profondi e vivi ancora oggi nel campo delle applicazioni degli elaboratori alla didattica.

Il filone skinneriano è sembrato all'inizio il più promettente e il più solido anche perché le tecniche dell'istruzione programmata bene si applicavano a quelle enormi

macchine per voltare pagina — così qualche critico le ha definite — che erano gli elaboratori della prima e anche della seconda generazione. Solamente in tempi più recenti, quando con la microminiaturizzazione dei circuiti l'elaboratore diventa più piccolo, più economico, trasportabile e personale, lo sviluppo delle applicazioni alla didattica delle teorie cognitiviste si fa più consistente, e certo il suo avvenire sembra molto interessante e promettente [2].

Se il software didattico prevede un rapporto diretto computer-allievo, e se i corsi sono costruiti in modo direttivo l'elaboratore agisce come *tutore* e sorveglia i progressi dell'allievo. L'allievo può ricevere delle informazioni e delle conoscenze secondo una sequenza rigida e lineare; ma l'informazione può essere proposta quasi in forma di dialogo, in modo molto ramificato, tra elaboratore e allievo. È un modo di imparare molto articolato, che l'allievo può prefissare o determinare con il suo comportamento.

L'elaboratore consente quindi l'individualizzazione dell'insegnamento, sia per quanto riguarda i contenuti che per quanto concerne i ritmi. Ogni allievo può procedere secondo il proprio passo e secondo le proprie capacità. Ma anche nel caso di software fortemente interattivo la presenza dell'insegnante è fondamentale. L'elaboratore non elimina l'insegnante, integra la funzione dell'insegnante e la rende più significativa. Al docente competono quella parte dell'insegnamento più ricca di contenuti culturali e l'intervento, ogni volta che lo studente ha bisogno di spiegazioni. L'elaboratore è un ripetitore paziente che ripropone quesiti a ogni errore e corregge senza punire, evitando quindi nell'allievo l'angoscia della sanzione.

Il software didattico può consistere anche, e in alternativa, in materiale di supporto per l'insegnante che lo impiega a integrazione di una lezione tradizionale. Gli allievi hanno la possibilità di riutilizzarlo a lezione ter-

[2] Per un approfondimento di questi temi si può vedere l'opera di U. Neisser, *Cognitive Psychology*, Prentice Hall 1967, che è un ottimo contributo di sintesi sul cognitivismo.

minata. In questo caso l'elaboratore viene utilizzato quasi al posto del gesso e della lavagna, ma di un gesso e di una lavagna che hanno straordinarie capacità grafiche e di calcolo.

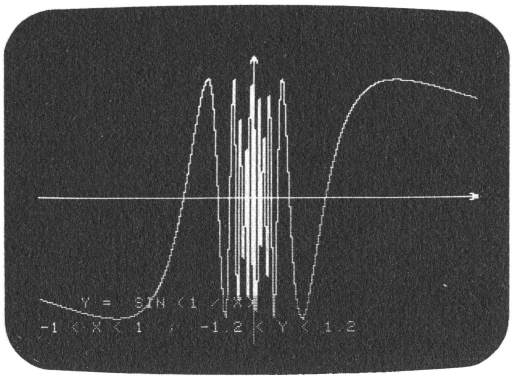


Fig. 5

Nell'esempio che riportiamo alla Fig. 5 diamo la rappresentazione grafica di una funzione così come è stata sviluppata e rappresentata sullo schermo di un personal computer. Il programma che abbiamo utilizzato, elaborato da Giovanni Schgör per un corso di matematica di prossima pubblicazione dalla Arnoldo Mondadori Editore, calcola qualsiasi funzione nella forma $y = f(x)$. Nell'esempio abbiamo scelto di rappresentare la funzione

$$y = \sin(1/x)$$

nell'intervallo $-1 < x < 1$; $-1{,}2 < y < 1{,}2$

poiché ha una fortissima oscillazione verso l'origine. Il risultato che otteniamo in pochi istanti sullo schermo è più che soddisfacente. Un risultato analogo non sarebbe facilmente ottenibile con il gesso sulla lavagna.

Esiste poi un altro tipo di software educativo volto a creare nell'allievo certe capacità specifiche. Questo tipo di software, che gli americani classificano come *Drill and Practice*, con la ripetizione e proposta continua di esercizi

nuovi mette a disposizione dell'allievo una palestra senza limiti per le sue esercitazioni.

Rientrano nella casella 3.1 della Fig. 1 anche altri tre aspetti molto importanti collegati all'utilizzazione dell'elaboratore come mezzo e strumento della didattica: la soluzione dei problemi (*problem solving*), la costruzione di modelli e la simulazione.

La soluzione dei problemi è un cardine dell'insegnamento pragmatico americano e inglese. Sviluppare la capacità di risolvere problemi significa dare all'allievo gli strumenti concettuali e logici per affrontare la vita di lavoro e di relazione. Da una situazione nota l'allievo dovrà passare ad una situazione che non conosce e risolverla. Un metodo che purtroppo è poco radicato nella nostra cultura e prassi didattica.

Il concetto è mutuato dalla psicologia ed indica il comportamento volontario assunto dall'individuo per raggiungere uno scopo non immediatamente accessibile. Quando un problema richiede una scelta tra due o più alternative dà origine a un comportamento che prende il nome di processo di formazione delle decisioni (*decision making*). Molti studiosi, inclusi alcuni che non vengono dalle file della psicologia, hanno notevolmente arricchito il concetto di soluzione dei problemi. Ricordiamo Allen Newell ma soprattutto Herbert A. Simon, docente di scienza degli elaboratori e di psicologia e premio Nobel per l'economia nel 1978. A questi ricercatori si deve il concetto di soluzione euristica dei problemi (*heuristic problem solving*) di cui parleremo nel paragrafo che sviluppa la casella 3.2 della Fig. 1.

Il processo di soluzione dei problemi può essere migliorato e arricchito dall'elaboratore al quale esso è collegato fino a dipenderne per ciò che concerne la quantità di informazioni disponibili e il modo creativo con il quale il problema può venire trattato. L'utilizzazione dell'elaboratore nella soluzione dei problemi consente inoltre di estendere e di potenziare la normale attività didattica. Per la soluzione dei problemi l'allievo dovrà stabilire passi e sequenze. Per arrivare alla soluzione dovrà proce-

dere alla costruzione di un *algoritmo*, che come abbiamo visto è una procedura di calcolo riconoscibile dall'elaboratore.

La costruzione di modelli è un altro momento dell'utilizzazione dell'elaboratore nella didattica. L'impiego dei modelli, fondamentale nella progettazione, in quanto consente la riproduzione delle caratteristiche essenziali degli oggetti e dei processi che si intendono progettare, è anche molto diffuso nella ricerca scientifica. Si pensi alla rappresentazione della struttura atomica, al plastico di una costruzione, allo schema di un certo processo industriale o a più astratti modelli matematici o grafici. Ecco alcuni esempi che fanno intuire immediatamente l'importanza di questa categoria concettuale. Pensare per modelli, costruire modelli, fa parte, negli Stati Uniti e in Inghilterra, dell'insegnamento tradizionale. Anche in questo caso l'elaboratore si rivela uno strumento ideale. Studiare il modello, per rappresentarlo o per predisporre la costruzione di un prototipo, significa procedere alla costruzione di algoritmi, riconosciuti dall'elaboratore; pervenire a rappresentazioni simboliche di grandezze numeriche; ottenere rappresentazioni grafiche che consentono di ricavare i tassi di variazione delle grandezze che vi sono rappresentate.

La simulazione, infine, è un altro momento cardine del processo educativo attraverso l'elaboratore. La sua utilizzazione, a basso rischio e a basso costo, rende possibile la riproduzione analogica di accadimenti, fenomeni o processi altrimenti non rappresentabili né trasferibili nella scuola. Queste realtà sono proposte agli allievi in modo semplice e accessibile.

Nella Fig. 6 diamo un esempio di questo impiego dell'elaboratore. Si tratta di un programma per la simulazione di un esperimento di chimica, l'elettrolisi dell'acqua, realizzato per un corso da Giovanni Schgör. Nel volumetto che accompagna il software c'è quanto tradizionalmente si trova nei libri di chimica a proposito dell'elettrolisi dell'acqua. Nel testo troverà posto anche la figura che riportiamo e che compare sullo schermo del-

l'elaboratore. L'insegnante avrà modo di spiegare che per iniziare la simulazione dell'esperimento bisogna chiudere il circuito elettrico che è indicato in figura. Quando ciò avverrà, dando un apposito comando all'elaboratore, nella colonna di sinistra si creerà, per l'accumulazione dell'idrogeno, uno spazio doppio di quello creatosi nello stesso tempo nella colonna di destra dove si è accumulato l'ossigeno. Se il circuito si interrompe, come nella figura, la simulazione si arresta, e riprende se l'esperimento ricomincia da capo, quando cioè tutte e due le colonne sono piene d'acqua.

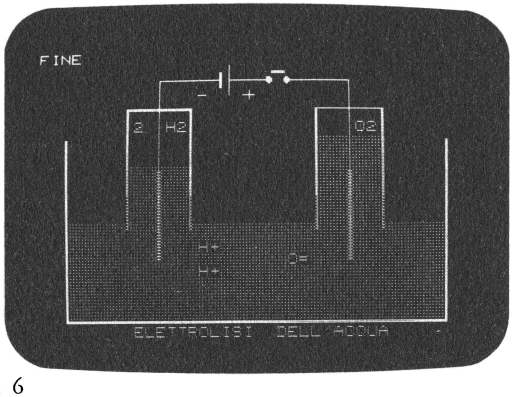


Fig. 6

Nella simulazione attraverso l'elaboratore l'allievo segue gli andamenti dell'evento rappresentato, mutandone, se è richiesto e se è possibile, i parametri. L'allievo si impadronisce dell'accadimento, del fenomeno o del processo rappresentato operando attraverso la tastiera dell'elaboratore. Prontamente l'elaboratore segnala le variazioni dovute all'eventuale intervento. In questo modo — lo ripetiamo, a basso rischio e a basso costo — si possono simulare realtà che altrimenti sarebbe impossibile portare all'interno della scuola. Si pensi al funzionamento di un altoforno o alle leggi di Mendel. Attraverso un buon software didattico, il loro meccanismo può essere simulato anche dal più piccolo personal computer. All'al-

lievo, nella realtà, non sarebbe mai permesso di accedere all'altoforno, e nel caso delle leggi sull'ereditarietà dei caratteri non basterebbero i cinque anni di scuola media superiore per ricavarle ripetendo le esperienze di ibridazione di vegetali, piselli e fagioli, condotte dal naturalista e abate Gregor Mendel. Certo, si potrebbe ricorrere a organismi molto semplici, unicellulari, che si riproducono con rapidità, ma l'esperimento non è di facile esecuzione in tutte le scuole.

Se la simulazione presenta questi enormi vantaggi, è anche vero che può celare qualche insidia. C'è il pericolo che se nella scuola si riduce di molto la sperimentazione, l'allievo prenda la simulazione per la realtà e si concentri sul meccanismo della simulazione di un fenomeno scambiandolo per il fenomeno stesso. Questo pericolo è maggiore nei primi livelli di istruzione, meno nella scuola superiore e può essere evitato sviluppando attività didattiche collaterali a quelle dell'elaboratore. L'esperienza esterna non è sostituibile e con essa il calcolatore va integrato. Questo pericolo è meno avvertito quando si fa ricorso ad altri mezzi audiovisivi. Naturalmente sarà in gran parte evitato quando si potrà disporre di corsi che prevedono l'uso di un elaboratore e di un videodisco. In questo caso, la realtà verrà affiancata all'esperienza simulata. Con l'elaboratore cioè si compiranno tutte le visualizzazioni grafiche di funzionamento e di calcolo così come si verifica nella realtà.

I giochi didattici. Il gioco è un momento fondamentale dell'apprendimento e non ci sono controindicazioni per usare anche a scuola giochi didattici. Semmai qualche obiezione può venire dal fatto che nel gioco sono sempre fusi due aspetti, uno propriamente educativo e uno ludico. Per i giochi didattici da usare nella scuola la presenza del secondo non dovrebbe sovrastare il primo. I giochi sono al margine della categoria esplorata con la casella 3.1 e confinano con la successiva (v. Fig. 1). Infatti essi consentono lo sviluppo di una curiosità cognitiva che è a fondamento di tutte le entrate successive della nostra

tabella, raggruppate sotto il titolo generale « Imparare con l'elaboratore ». L'elaboratore infatti può essere utilizzato non solamente per la possibilità di sviluppare la creatività e la fantasia con i suoi effetti di calcolo, grafici e sonori, ma anche come un « ambiente » educativo ideale dove i giochi sono un momento fondamentale della conoscenza.

I nuovi linguaggi pedagogici (4.1)

Quando nel paragrafo precedente abbiamo esaminato sinteticamente i princìpi teorici sui quali si basano le applicazioni dell'elaboratore alla didattica abbiamo visto come in questo campo coesistono due grandi correnti. Una si ricollega alle teorie skinneriane sull'apprendimento e ha condotto alle tecniche dell'istruzione programmata, mentre l'altra risale alla psicologia cognitivista e ha prodotto il concetto di elaboratore come ambiente di apprendimento. Tra i due, in una sorta di terra di nessuno, si collocano gli altri modi di utilizzo dell'elaboratore che sono stati precedentemente illustrati anche con esempi pratici.

In questo paragrafo ci occuperemo delle applicazioni dell'elaboratore alla didattica che si rifanno alle teorie cognitivistiche. In tutti i casi che esamineremo, l'elaboratore, il programma, l'allievo, l'insegnante costituiscono appunto un ambiente che favorisce e facilita l'apprendimento. Da una parte l'allievo è fortemente impegnato dal programma e dall'elaboratore, dall'altra la funzione dell'insegnante è di primissimo rilievo, in quanto anima l'attività didattica che si svolge con l'elaboratore: siamo quindi di fronte a metodi di insegnamento non direttivi. Abbiamo chiamato i linguaggi che vengono impiegati in questa sezione linguaggi pedagogici: è certamente una forzatura, ma abbiamo voluto seguire in ciò i francesi [3].

[3] Cfr. in proposito Jean-Claude Simon, *L'éducation et l'informatisation de la société*, La Documentation Française, Parigi 1980. Come altri celebri libri della più recente cultura francese anche questo è un rapporto al Presidente della Repubblica.

Questi linguaggi, che non devono essere confusi con i linguaggi per autori di corsi esaminati in precedenza, hanno trovato una utilizzazione prevalente o esclusiva nell'insegnamento. Alcuni come APL, LISP e SmallTalk sono nati e continuano ad avere applicazioni in campo scientifico o economico o in quello dell'Intelligenza Artificiale; e in realtà, più correttamente, il solo LOGO potrebbe essere chiamato linguaggio pedagogico, in quanto nato per le applicazioni didattiche.

Vediamoli a uno a uno; di tutti si darà una breve scheda. LISP e LOGO saranno esaminati più a fondo in quanto del primo esiste una versione, un dialetto che si chiama ZISP, sviluppato dall'Istituto di Cibernetica dell'Università di Milano, che porta il linguaggio sui personal computer; del secondo esiste già una versione in lingua italiana curata dalla Texas Instruments, mentre altre se ne stanno preparando. LOGO poi è un linguaggio che ha già una buona sperimentazione in Europa ed è destinato a un sicuro avvenire educativo.

APL. APL è l'acronimo di *A Programming Language* ed è un linguaggio che permette interessanti applicazioni matematiche. Nato per applicazioni scientifiche, è facile da imparare e semplice da usare, data la concisione delle sue espressioni. Le equazioni che sottintendono certi problemi matematici o scientifici possono essere impostate o risolte senza eccessive difficoltà per mezzo di APL e possono essere anche rese graficamente. Lo studente mutando i parametri può verificare gli andamenti rispetto alle nuove condizioni. Negli Stati Uniti, APL è usato anche nella scuola elementare. Si definiscono dei programmi molto semplici che vengono eseguiti con l'elaboratore; successivamente gli allievi possono intervenire mutando alcune variabili e al terzo livello possono scrivere essi stessi dei programmi. Il linguaggio si basa su una struttura semplice che può essere facilmente appresa.

LISP. È un linguaggio che, come l'APL, ha una sua storia e una sua tradizione. Data dalla fine degli anni '50 ed è stato sviluppato da John McCarty presso il Dipartimento di Intelligenza Artificiale del Massachusetts Insti-

tute of Technology. Il nome LISP deriva da LISt Processor in quanto il linguaggio gestisce delle liste, intendendosi per lista una successione di elementi di qualsiasi tipo, ad esempio numeri, parole, frasi, che a loro volta possono essere delle liste. Una buona presentazione tecnica di LISP e del suo dialetto ZISP è stata fatta da M. Fiorentini e L. Spampinato, entrambi dell'Istituto di Cibernetica dell'Università di Milano, in sei articoli che sono apparsi tra la fine del 1980 e il principio del 1981 sulla rivista « Bit ». Come gli autori dicono nel quinto articolo « gli algoritmi espressi in LISP forniscono il risultato voluto in modo sostanzialmente differente da quello degli altri linguaggi di programmazione: infatti i " programmi " sono intesi come funzioni (nel senso matematico della parola) che vengono applicate agli argomenti (i " dati ") e che producono come valore il risultato desiderato. Questo modo di concepire gli algoritmi viene detto funzionale o " computazione per valore " ed è proprio dei linguaggi " funzionali " (nel senso che sono basati su funzioni ad argomenti) quali LISP e APL ».

Quindi con LISP e con APL è la stessa programmazione che è concepita in modo diverso dagli altri linguaggi come FORTRAN, ALGOL, COBOL, BASIC, Pascal; ciò provoca dei vantaggi e degli svantaggi. Non vogliamo addentrarci in una spiegazione troppo tecnica; riteniamo solamente di dover dire che la programmazione funzionale permette una stesura concisa e molto elegante degli algoritmi, e ciò assume grande rilievo dal punto di vista didattico. Come si è detto di LISP esiste una versione che si chiama ZISP sviluppata dall'Istituto di Cibernetica dell'Università di Milano; gli altri dialetti del LISP sono MULISP e MUMath. Queste due versioni del linguaggio sono ottime dal punto di vista delle applicazioni educative. Consentono di sviluppare un programma di matematica (soprattutto MUMath), e precisamente di aritmetica, algebra, sino all'analisi, consentendo così l'apprendimento del calcolo differenziale e integrale; programmi nel campo di tutte le altre discipline scientifiche, e, quando

abbiano spazio, rappresentazioni o dimostrazioni di tipo matematico.

LOGO. È un linguaggio che si basa su un lungo e attento studio condotto da esperti di elaborazione e di didattica. È stato sviluppato presso il Massachusetts Institute of Technology, uno dei più prestigiosi centri di ricerca statunitensi. Il merito dello sviluppo di LOGO è da attribuirsi soprattutto a Seymour Papert, un matematico ed epistemologo sudafricano che fino al 1965 aveva studiato i problemi della pedagogia con Jean Piaget in Svizzera, e che poi nel 1966 si trasferì a Cambridge nel Massachusetts dove affiancò Marvin Minsky nella direzione del laboratorio di Intelligenza Artificiale. In questo ambiente ricco di idee, di esperienza e di personalità scientifiche cresce LOGO. Siamo negli anni attorno al 1967 e la tecnologia degli elaboratori li rende ancora estremamente costosi, poco diffusi e poco proponibili alla scuola. Tuttavia i ricercatori che lavorano a LOGO si pongono con impegno allo studio di un linguaggio che sia didatticamente nuovo; credono nella validità dell'iniziativa e la impostano partendo da basi concettuali nuove.

Uno dei punti teorici di riferimento è rappresentato dagli studi sull'apprendimento di Jean Piaget. Secondo Piaget — anche se la sua posizione non è facilmente riassumibile data la vastità e i mutamenti che ha subito nel corso della sua vita — il bambino assimila le conoscenze così come assimila il cibo; l'apprendimento come processo può essere paragonato alla trasformazione che subisce il cibo assimilato. Il bambino assimila conoscenze in continuazione per schemi che reggono fino al punto in cui sia necessario sostituirli con nuovi schemi perché diventati insufficienti. Ogni nuova informazione viene confrontata con lo schema che il bambino si è creato. Lo schema è valido fino a quando regge al confronto; se non è così, si crea uno squilibrio che implica un riequilibrio, una riorganizzazione della struttura cognitiva. È in questo quadro teorico che viene progettato LOGO. LOGO è un metodo per dialogare con l'elaboratore, si basa su un

numero limitato di potenti istruzioni di base con le quali l'utilizzatore esegue il programma. Queste istruzioni servono per creare altre istruzioni che possono essere a loro volta assemblate in un programma. Diventano esse stesse linguaggio e possono essere usate per altri comandi. In questo senso LOGO è un linguaggio *procedurale*. I programmi sono creati riunendo i comandi, le funzioni primitive, in procedure e usando queste procedure per crearne altre. I comandi del LOGO, le funzioni primitive, si avvicinano molto al linguaggio naturale e alla lingua inglese; LOGO poi è un linguaggio sviluppabile.

LOGO impara, si potrebbe dire, e accanto alle primitive in lingua inglese è possibile creare procedure in qualsiasi lingua, quindi anche in italiano. LOGO è, per questo motivo, un linguaggio che può essere utilizzato fin dai primi anni dell'età scolare e che cresce e matura con il crescere dell'allievo. L'ipotesi sulla quale esso si fonda, come è stato detto, è analizzare il processo di apprendimento e riportarlo sull'elaboratore. Un'ipotesi interessante e suggestiva che comportava una sfida non indifferente. I bambini hanno una grande capacità di apprendere: imparano tutto, e molto in fretta. Era possibile analizzare questo processo e mediarlo per il calcolatore?

Ne è risultato un linguaggio propriamente pedagogico, immediato e interattivo più di APL e LISP nati per altri scopi, che consente anche ai bambini di comunicare con l'elaboratore e allo stesso tempo di divertirsi. LOGO permette di acquisire conoscenze nel campo della matematica, della logica e degli elaboratori e di assimilarle naturalmente e in modo creativo. Ma può essere esteso anche all'apprendimento di altre discipline, la geometria ad esempio, e in molti altri campi di studio, dovunque la materia possa essere posta in forma di problemi e risolta con un programma.

La immediatezza di LOGO lo fa ritenere troppo spesso un linguaggio per bambini; non è così, anche per l'educazione degli adulti LOGO si è rivelato un linguaggio valido e efficace. Con LOGO è possibile creare un buon ambiente cognitivo: la modularità del linguaggio, la imme-

diatezza delle procedure fanno sì che si possa apprendere speditamente e efficacemente assimilando dall'ambiente le nozioni. Ecco quindi apparire con chiarezza perché riferendosi a questo modo di utilizzare l'elaboratore nella scuola, nel lavoro o in casa, si sia creata una categoria a parte, chiamata appunto *imparare con l'elaboratore.*

Seymour Papert sviluppando LOGO partì dal concetto che non dovevano essere gli elaboratori a programmare i bambini, bensì i bambini a programmare gli elaboratori [4]. Bisognava quindi compiere un salto di qualità, creare una discontinuità rispetto alle applicazioni dell'elaboratore alla didattica fondate sulle teorie skinneriane e sull'istruzione programmata, e questo scopo è stato raggiunto con LOGO.

Oltre ad essere un linguaggio concettualmente molto interessante di per sé, LOGO trova un notevole potenziamento nella parte grafica. I programmi di grafica sono realizzati sullo schermo da un piccolo robot chiamato « tartaruga » (*turtle*). La tartaruga si muove eseguendo semplici istruzioni (avanti, indietro, posizionarsi secondo un certo angolo a seconda che si aggiungano o sottraggano gradi in senso orario o in senso antiorario) così da muoversi in linea retta o in circolo nel campo delimitato dallo schermo. In questo modo sullo schermo si possono creare figure geometriche, anche molto complesse, oggetti che si possono far ruotare su se stessi, si possono contare, sommare, comporre e scomporre a piacimento.

Vediamo con alcuni esempi come funziona: ancora una volta utilizzeremo un Apple II e il LOGO della Apple. Se il problema che vogliamo risolvere è, per ipotesi, quello della costruzione di un quadrato poniamo di lato 50, dobbiamo dire alla nostra tartaruga di muoversi in avanti di 50 (FORWARD 50), quindi di inclinarsi diciamo in senso orario di 90 gradi (RIGHT 90). Se ripetiamo questi comandi per tre volte ancora, avremo un quadrato di lato 50. In modo più conciso, procedendo con l'appren-

[4] Seymour Papert, *Mindstorms, children, computers and powerful Idea*, Basic Books, New York 1980.

dimento di LOGO, avremmo potuto dire che per costruire un quadrato di lato 50 si deve ripetere (REPEAT) 4 volte l'operazione (FORWARD 50 RIGHT 90). Potremmo generalizzare questa procedura e definire (TO) il quadrato (QUADRATO) di lato :L ripetendo (REPEAT) 4 volte (FORWARD :L RT 90). Da questo punto in poi questa procedura è richiamabile come QUADRATO. Può essere inserita tal quale in un programma e può essere trasformata. A esempio si può stabilire che un quadrato di lato 50 venga disegnato con una certa inclinazione, diciamo di 45 gradi. L'istruzione sarà: RT 45 QUADRATO 50, dove RT è l'abbreviazione di *right*. La tartaruga si inclinerà in senso orario di 45 gradi e traccerà un quadrato di lato 50. Anche le altre istruzioni di base possono essere usate in forma abbreviata. Così *forward* (avanti) diventa FD, *back* (indietro) diventa BK e *left* (inclinazione in senso antiorario della tartaruga) diventa LT.

$$\theta = \left(\frac{n-2}{n}\right) 180^\circ$$

$$l = 2r \tan \frac{180^\circ}{n}$$

$$= 2R \sin \frac{180^\circ}{n}$$

$$p = nsl$$

$$A = \tfrac{1}{4} n l^2 \cot \frac{180^\circ}{n}$$

$$= n r^2 \tan \frac{180^\circ}{n}$$

$$= \tfrac{1}{2} n R^2 \sin \frac{360^\circ}{n}$$

$$r = \tfrac{1}{2} l \cot \frac{180^\circ}{n}$$

$$R = \tfrac{1}{2} l \csc \frac{180^\circ}{n}$$

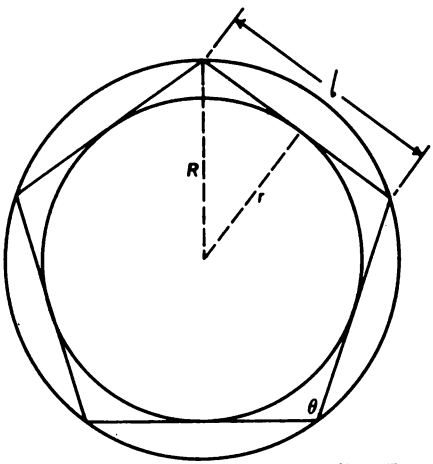


Fig. 7

Per dare un'idea delle possibilità di LOGO abbiamo esteso il programma studiato per il quadrato alla costruzione di un qualsiasi poligono regolare (dal triangolo al cerchio). Nel disegno riportato alla Fig. 7 abbiamo indi-

viduato gli estremi del problema che consiste nel disegnare un qualsiasi poligono regolare di lato l e di n lati; di tracciare la circonferenza di raggio r del cerchio inscritto e di raggio R del cerchio circoscritto; di determinare l'area A e volendo il perimetro p. θ è uno degli angoli al vertice.

Per costruire il nostro programma che definiremo APOLIC :L :N (Area, POLIgono, Cerchio inscritto e circoscritto) dobbiamo suddividere il problema in sottoproblemi. Dobbiamo cioè tracciare il poligono di lato L e di N lati e quindi dobbiamo definire una procedura che chiameremo POLIGONO :L :N. Per calcolarne l'area definiremo una procedura che chiameremo APOLIGONO :L :N. Dovremo definire una procedura per il calcolo del CERchio CIRcoscritto che chiameremo CERCIR, e una procedura per il calcolo del CERchio INscritto che chiameremo CERCIN. Strada facendo definiremo gli altri sottoprogrammi che si renderanno necessari.

Immaginiamo che la tartaruga sia nella posizione di partenza, cioè al centro dello schermo e che sia orientata in alto nel senso della sua verticale. Definiamo POLIGONO :L :N; il programma sarà un'estensione a N lati (per N > 3) di quello ipotizzato per il quadrato. Dovremo scriverlo nel modo seguente:

```
TO POLIGONO :L :N
RT 360 / :N
REPEAT :N [FD :L RT 360 / :N]
END
■
```

Ciò equivale a dare questo comando alla tartaruga: vai avanti per la lunghezza assegnata al lato L; ruota in senso orario di tanti gradi pari all'angolo al centro diviso N. Se vogliamo renderci conto di ciò lo possiamo fare facilmente, disegnando un esagono, dividendolo in triangoli, congiungendo i vertici con il centro. Passiamo ora alla definizione della procedura per calcolare l'area del poligono APOLIGONO :L :N. Prendiamo in esame una delle formule che ne consentono il calcolo, vediamo che si richiede il valore della cotangente di 180°/N. LOGO

non ha una primitiva per il calcolo di questo valore. Dovremo calcolarle scrivendo un sottoprogramma ricordando che la cotangente è definita come cos α / sin α; eccolo:

```
TO COTG :A
OUTPUT (COS :A) / SIN :A
END
```

Poiché vogliamo evidenziare il calcolo dell'area diamo l'istruzione PRINT.

Ecco il programma:

```
TO APOLIGONO :L :N
PRINT (COTG 180 / :N)   4 * :L * :L * :L
END
```

Per disegnare il cerchio circoscritto usiamo la formula che ne dà il raggio *R*. Comporta l'utilizzazione del valore della cosecante. Ancora una volta LOGO non la dà come primitiva. Definiamola con un sottoprogramma che chiameremo CSC; eccolo:

```
TO CSC :A
OUTPUT (1   SIN :A)
END
```

Possiamo ora disegnare il cerchio circoscritto con la procedura che chiameremo CERCIR. Utilizzeremo una procedura che il LOGO della Apple mette a disposizione con le funzioni primitive. Si tratta di CIRCLER (dove CIRCLE è la parola inglese per « cerchio » e la R finale sta per *right*) che consente di tracciare in senso orario un cerchio di raggio *r*. Poiché il raggio di questo cerchio è un valore interessante del nostro poligono, in quanto rappresenta uno dei lati dei triangoli nei quali un poligono regolare si può sempre scomporre, chiediamo con l'istruzione PRINT di stamparne il valore.

```
TO CERCIR :L :N
CIRCLER ( CSC 180 / :N ) / 2 * :L
PRINT ( CSC 180 / :N ) / 2 * :L
END
```

Procediamo in modo analogo per il calcolo del cerchio inscritto. Questa volta la realizzazione del programma richiede il calcolo della cotangente. Poiché è già stata definita in precedenza, non occorre reinserirne la procedura di calcolo; è sufficiente metterla nel programma perché LOGO la richiami. Cominciamo così a comprendere l'importanza di questo linguaggio che cresce e impara con lo studente. Il programma per definire CERCIN sarà:

```
TO CERCIN :L :N
CIRCLEL ( COTG 180    :N )    2 * :L
END
■
```

Il disegno del cerchio questa volta avviene in senso antiorario. Abbiamo scelto questa strada per introdurre un'altra procedura del LOGO della Apple, cioè CIRCLEL, dove L sta per *left*. A questo punto abbiamo tutti i moduli, tutte le procedure per definire il nostro programma APOLIC :L :N, che come abbiamo detto determina l'area di un qualsiasi poligono di lato L, ne traccia proporzionalmente la figura, la circonferenza del cerchio inscritto e circoscritto e indica il raggio del cerchio circoscritto che è uno dei lati interni dei triangoli nei quali un poligono regolare si può scomporre congiungendo il centro con i vertici.

Ecco come possiamo scrivere il nostro programma in LOGO:

```
TO APOLIC :L :N
POLIGONO :L :N
APOLIGONO :L :N
LT 180 / :N
CERCIR :L :N
RT 90
FD ( CSC 180    :N      2 * :L
LT 180 / :N
FD ( COTG 180    :N )    2 * :L
LT 90
CERCIN :L :N
END
■
```

L'elaboratore disegnerà prima il poligono secondo i valori che saranno attribuiti a L e a N, calcolerà l'area; quindi la tartaruga con l'istruzione LT 180 / :N si disporrà perpendicolarmente alla bisettrice dell'angolo al vertice e traccerà il cerchio circoscritto; poi con l'istruzione RT 90

si disporrà nel senso della bisettrice dell'angolo al vertice del poligono e traccerà il raggio del cerchio circoscritto con l'istruzione FD seguita dalla formula che ne dà la lunghezza. Ne stamperà il valore che, come abbiamo detto, coincide con uno dei lati dei triangoli nei quali si può scomporre un poligono regolare congiungendo più vertici con il centro. A questo punto con l'istruzione LT 180 / :N la tartaruga si collocherà in posizione per tracciare il raggio del cerchio inscritto, ciò si verificherà con l'istruzione FD seguita dalla formula che ne dà la lunghezza. Quindi la tartaruga con l'istruzione LT 90 si sposterà di 90 gradi girando in senso antiorario e quindi traccerà il cerchio circoscritto.

Vediamo qui di seguito alcuni esempi di esecuzione del programma che sono stati svolti con valori che consentono alcune verifiche intuitive delle elaborazioni svolte dal programma.

Nella Fig. 8 abbiamo chiesto all'elaboratore di risolvere il nostro programma con L lato uguale a 60 e con N numero dei lati uguale a quattro, quindi il nostro poligono in questo caso è un quadrato di lato 60. Batteremo sulla tastiera APOLIC 60 4 e l'elaboratore eseguirà il disegno e darà l'area che è 3.600, e il raggio del cerchio circoscritto, che è 42,4264.

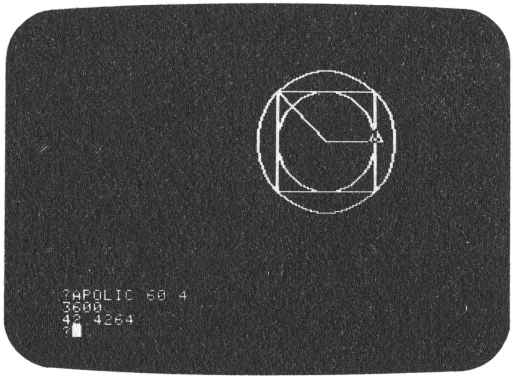


Fig. 8

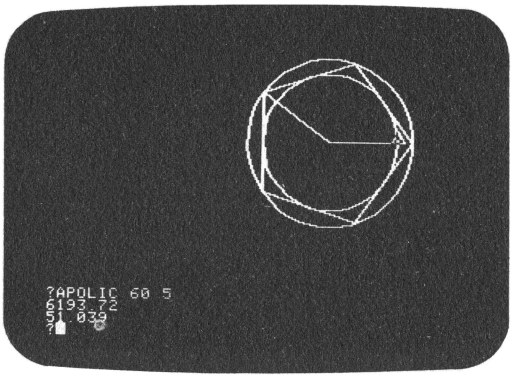


Fig. 9

Nella Fig. 9 abbiamo fatto svolgere all'elaboratore il programma per ottenere un pentagono di lato 60 e abbiamo quindi battuto sulla tastiera l'istruzione APOLIC 60 5.

Nella Fig. 10 il problema che l'elaboratore deve svolgere riguarda l'esagono. L'istruzione data all'elaboratore per l'esecuzione del programma è APOLIC 40 6. È interessante notare che il valore del raggio del cerchio circoscritto che compare alla terza riga sul video, e che coincide con il valore del lato di uno dei triangoli nei quali si può scomporre il poligono congiungendo i vertici con il centro, è 40. Deve essere 40 dal momento che l'esagono è scomponibile in sei triangoli equilateri, e noi abbiamo impostato il problema inputando 40 come lunghezza del lato dell'esagono.

Concludiamo l'esemplificazione del funzionamento del nostro programma sui poligoni regolari con il caso del cerchio. Lo riportiamo alla Fig. 11. L'istruzione che abbiamo dato all'elaboratore è APOLIC 1 360. Quindi il nostro poligono sarà di lato 1 e la tartaruga dovrà girare a destra di 1 grado dopo aver tracciato ogni lato. (Si veda la procedura POLIGONO :L :N.) Con un po' d'entusiasmo si può dire che se non è ancora l'astrazione

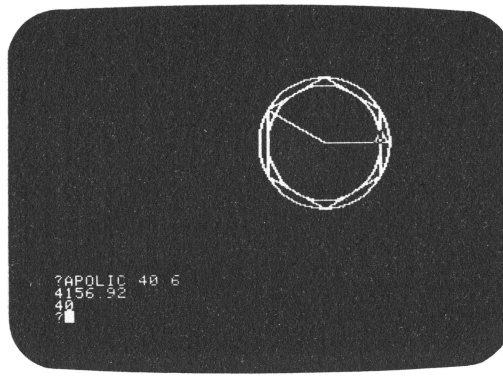


Fig. 10

del cerchio, è però una sua buona approssimazione grafica. È interessante vedere che cosa succede in tutte le formule nei sottoprogrammi che determinano APOLIGONO. Lo proponiamo come esercizio per i nostri lettori.

Riteniamo di aver dato con questo esempio di programma riguardante il calcolo di alcuni valori relativi ai poligoni regolari, una dimostrazione delle possibilità di

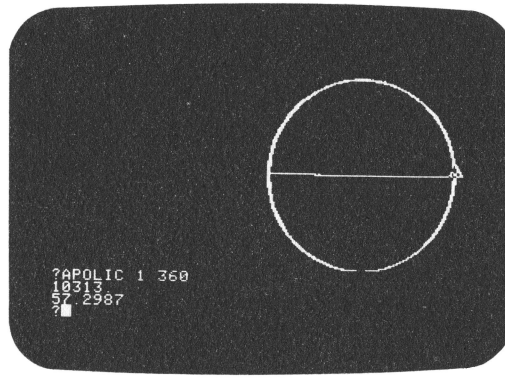


Fig. 11

LOGO. In particolare abbiamo voluto chiarire come esso non sia un linguaggio per bambini, ma possa inserirsi ai diversi livelli dell'età scolare e come possa anche essere utilizzabile per l'istruzione degli adulti. Con LOGO si crea un « ambiente » di apprendimento molto interessante dal punto di vista delle concettualizzazioni che permette. L'allievo impara a ragionare secondo un metodo nuovo; impara a formulare e a risolvere i problemi; impara a esprimerli secondo algoritmi, quindi secondo procedure che possano essere capite da una macchina che esegue il programma; l'allievo impara l'informatica; si impadronisce delle nozioni relative alla materia alla quale si riferisce il programma. Tutto questo nel medesimo tempo.

Crescere e imparare con LOGO significa acquisire le nozioni che servono per apprendere qualsiasi altro linguaggio di programmazione. Imparare il Pascal dopo il LOGO può essere cosa di qualche settimana se non di giorni. Imparare il BASIC dopo LOGO e Pascal può essere cosa di poche ore.

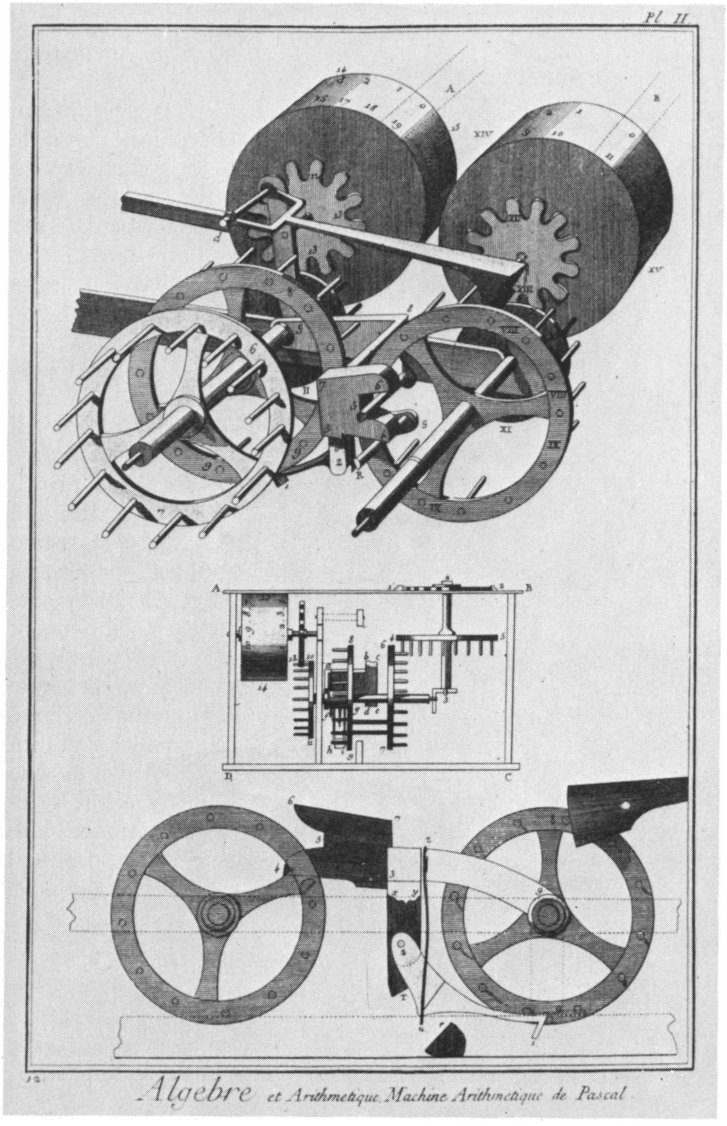
LOGO è un metodo pedagogico che merita di essere studiato, sperimentato, conosciuto. Non si esaurisce con una cassetta o con un dischetto che contiene il programma di base e con il manuale del costruttore che spiega il funzionamento delle primitive; è un metodo che richiede lo sviluppo di una bibliografia in italiano. Vedremo questi problemi, collegati anche alle possibilità pedagogiche del LOGO, alla fine del paragrafo intitolato ' Le resistenze opposte dalla tradizione ' (p. 151).

SmallTalk. SmallTalk come LOGO cresce e impara con gli allievi che lo utilizzano: può essere impiegato fin dai primi livelli dell'età scolare e può essere incrementato e ampliato via via che l'insegnamento si articola nelle varie materie. In particolare la sua grafica si presenta con caratteristiche molto interessanti, tanto da consentire anche applicazioni molto significative dal punto di vista didattico in corsi di educazione artistica e in corsi di disegno, grafica e di composizione musicale. SmallTalk può anche essere impiegato nell'insegnamento, a livello più o meno

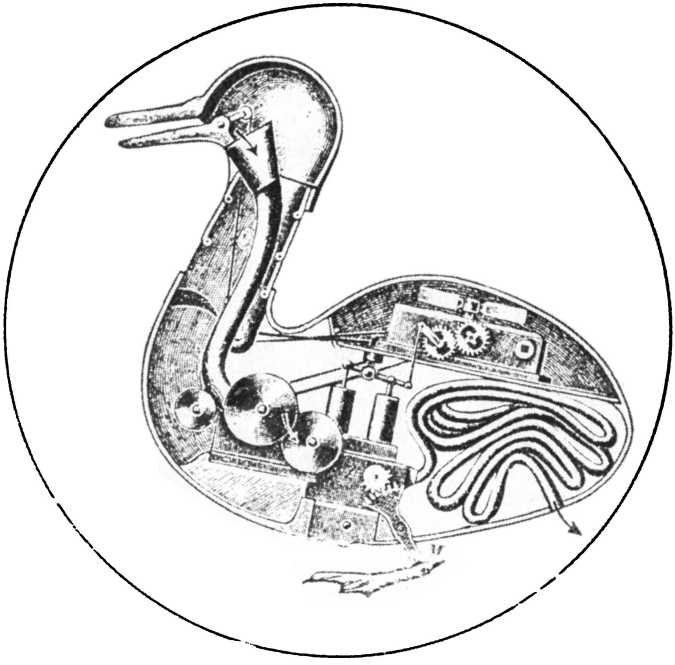
avanzato, di molte altre discipline come la matematica, la fisica, la chimica e in generale in tutte le materie scientifiche.

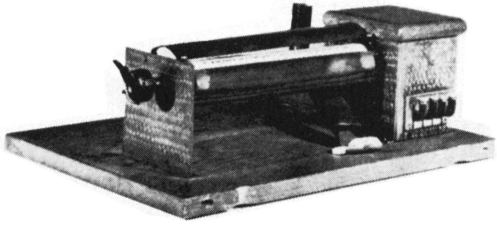
Anche per questo linguaggio il numero delle funzioni primitive è molto ridotto e la programmazione procede modularmente con la costruzione di oggetti che servono a definire programmi più complessi. Ancora una volta quindi abbiamo tutti i vantaggi didattici già ricordati per l'APL, per il LISP e per il LOGO; ma SmallTalk che è stato creato nel 1980 da A. Kay e A. Golberg ed è stato a lungo studiato all'interno della Xerox Corporation, ha alcune caratteristiche grafiche che lo rendono ancor più interessante. In particolare SmallTalk prevede che si possano utilizzare delle porzioni dello schermo per la rappresentazione di parti del testo. Questa possibilità di creare delle finestre e di gestirle è molto importante, e la sua mancanza in LOGO costituisce una delle sue principali carenze. Con SmallTalk invece queste finestre non solo si possono creare con estrema facilità, ma si possono mutare, sostituire e memorizzare con rapidità come se si facessero scorrere dei fogli di carta. Fogli di carta speciale dove però possono comparire testi e elaborazioni sofisticatissime.

SmallTalk si utilizza partendo da un menu generale che specifica tutte le possibilità del programma e che è richiamabile ogni volta che si rende necessario. La grafica di SmallTalk può essere comandata con istruzioni che servono a creare punti o linee, ma può essere anche ottenuta usando un « pennello elettronico » che può rendere degli effetti straordinari anche dal punto di vista artistico.



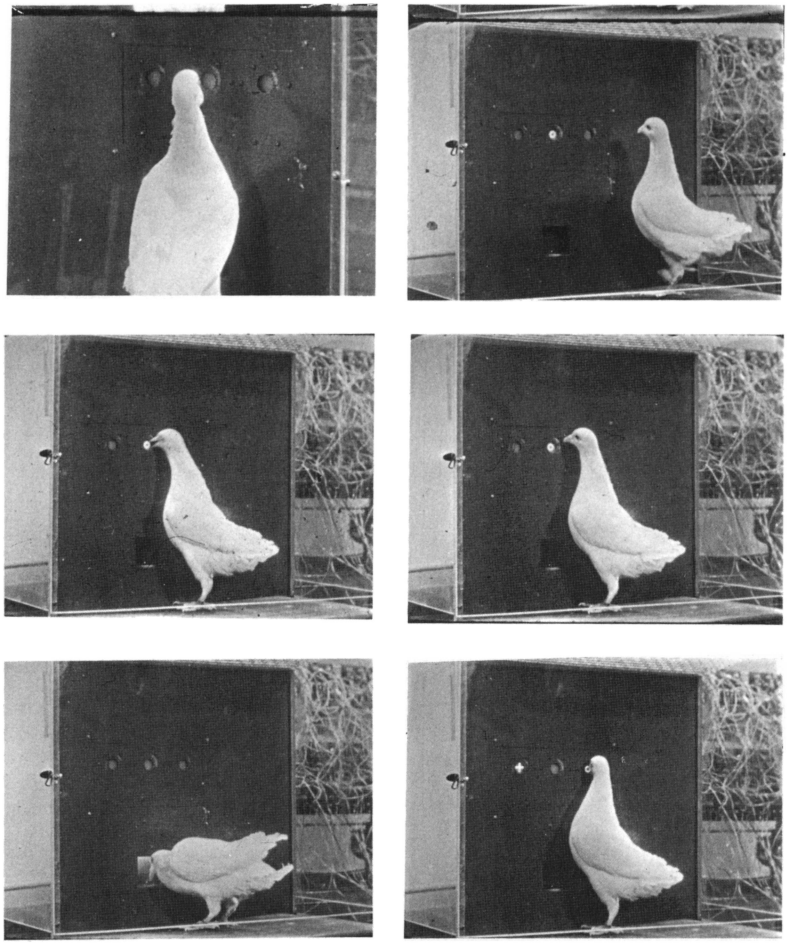
1. Macchina di Pascal. Uno dei primi tentativi di meccanizzare un algoritmo. Particolare tratto da una tavola dell'*Encyclopédie* di Diderot e d'Alembert.



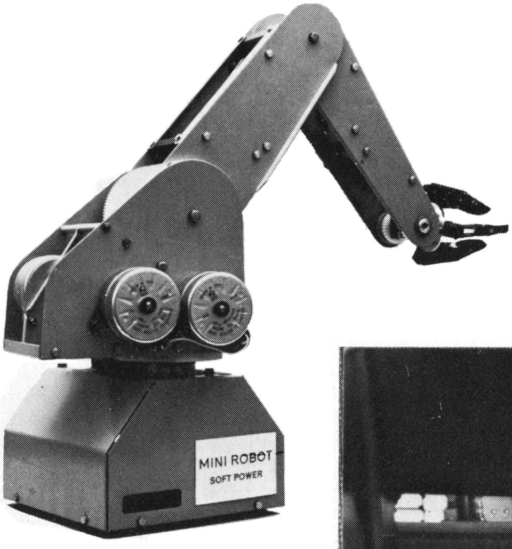


2. L'anitra di Jacques di Vancauson (1709-82), uno dei primi e più famosi automi: beve mangia vola ecc. (Foto Roger Viollet, Paris.)

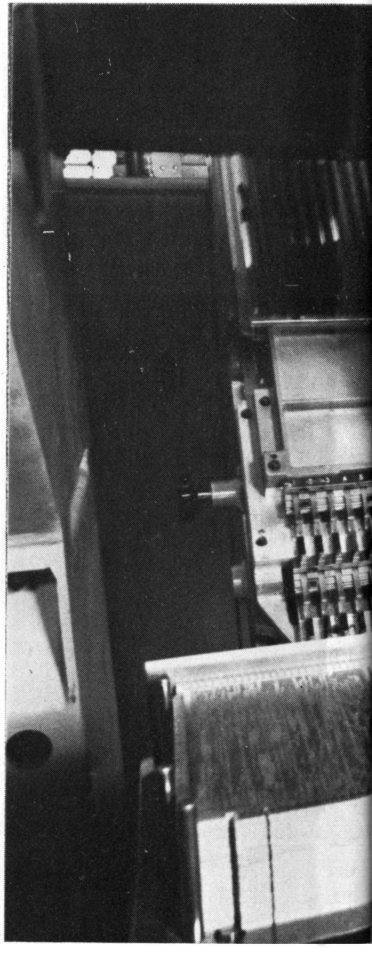
3. La macchina per insegnare di Pressey, conservata allo Ohio State University: sono visibili le leve che si dovevano premere per indicare le risposte.



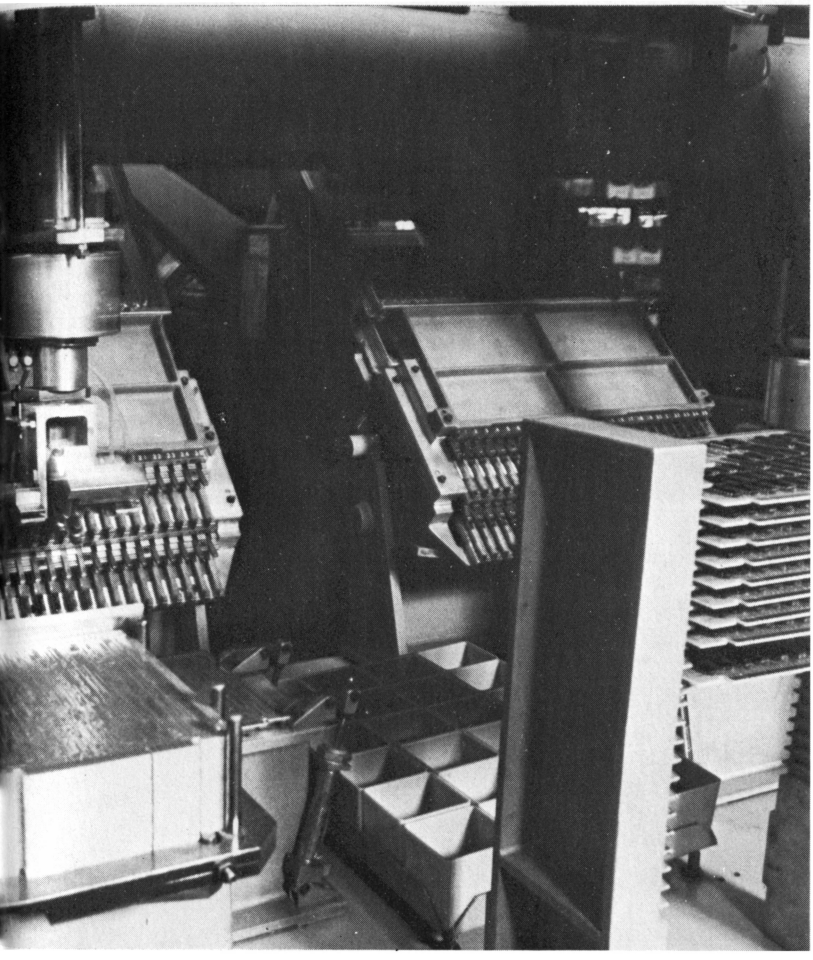
4. Una gabbia di Skinner per uccelli. Nella sequenza di foto un piccione impara a beccare un apposito dischetto per ottenere cibo. Dapprima compare nel dischetto centrale un segnale determinato (un cerchietto) che l'animale dovrà riconoscere in seguito fra i due diversi segnali che compaiono nei dischetti laterali; se la sua scelta è esatta si aprirà la piccola mangiatoia posta in basso. (Da *Learning and Behavior*, di Skinner e Hernstein, Cineteca psicologica « Fondazione M. Ponzo », Roma.)



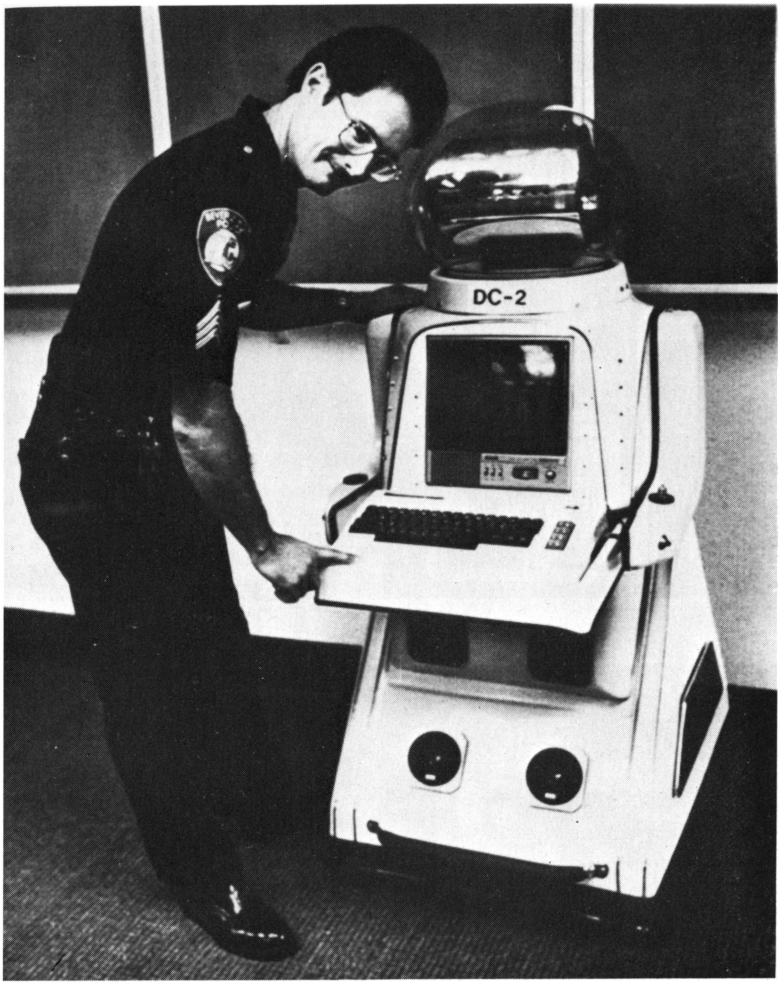
5. Un minirobot, molto utile nella didattica in quanto consente di compiere tutte le operazioni di programmazione dei robot di grandi dimensioni, con minori costi, rischi e pericoli.



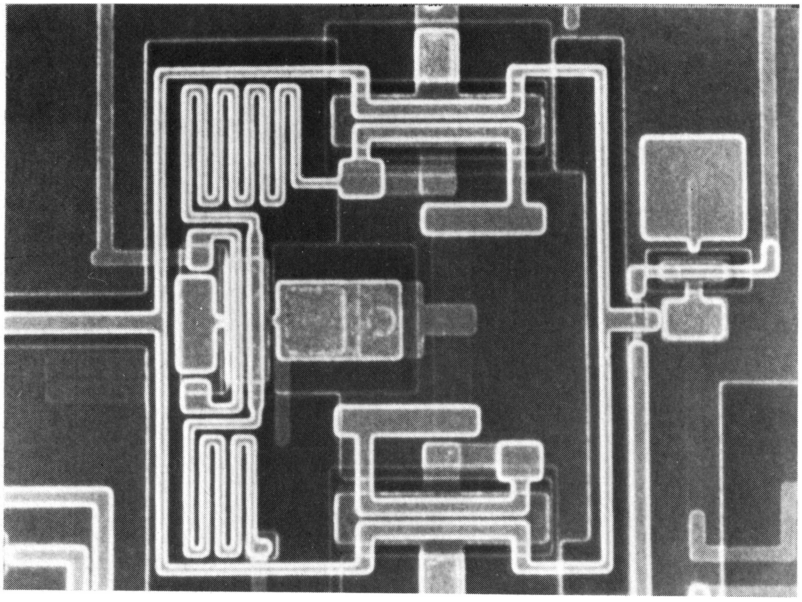
6. Il robot Sigma prodotto dalla Olivetti Controllo Numerico impiegato in una operazione di montaggio.

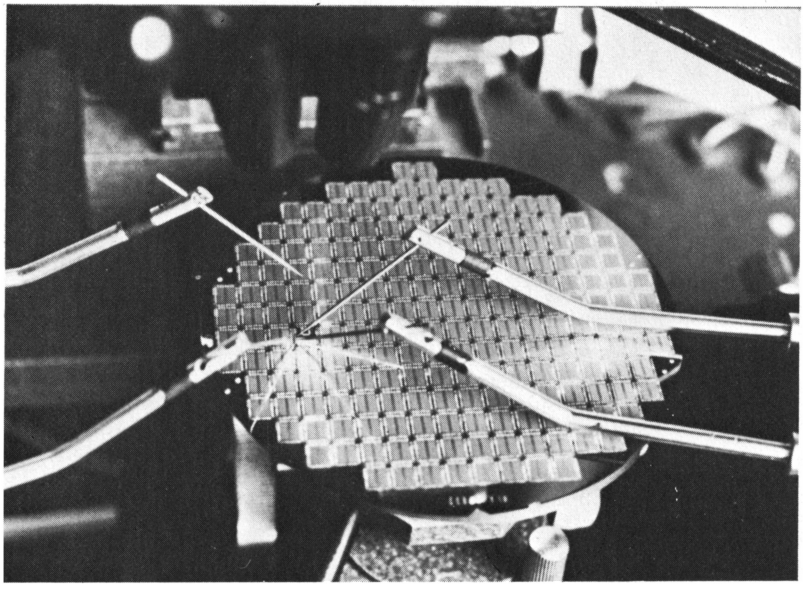


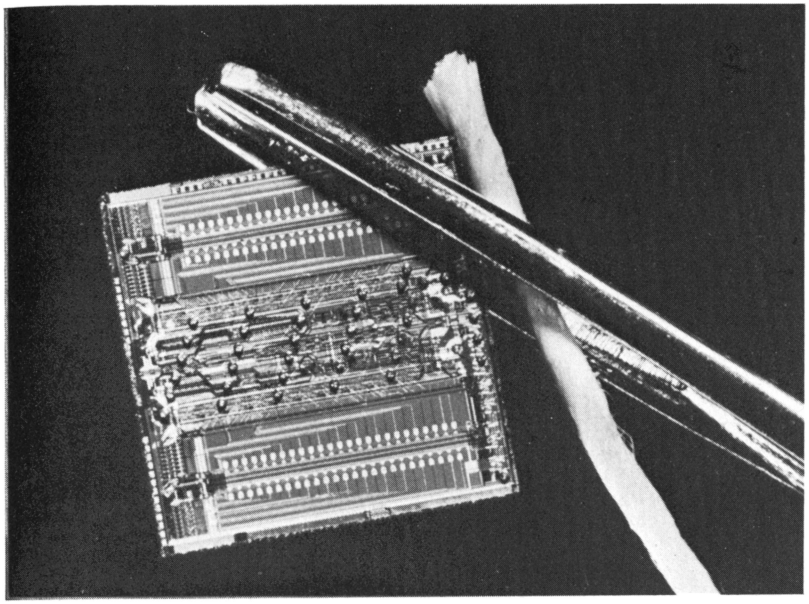
7. Il Robogate della Fiat. Il nome nasce dall'accoppiamento del robot al sistema delle « gate-lines », con cui viene prodotta ancora oggi la maggior parte delle automobili nel mondo.

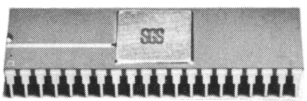


8. Beverly Hills (California): un robot fermato dalla polizia perché attraversava, sulle sue quattro ruote, una strada di grande traffico senza tener conto dei semafori. Il robot, completo di schermo televisivo a colori, telecamera, microcomputer e ricetrasmittente, obbediva ai comandi di un programma interno. La polizia non è riuscita a identificare il proprietario, così ha « arrestato » il robot. (Associated Press.)









9. La microfotografia, realizzata con un microscopio elettronico, mostra dei micrometrici circuiti a giunzione Josephson. Si tratta di un sistema sperimentale, messo a punto dagli scienziati del Centro Ricerche Th. J. Watson per misurare segnali elettrici ultraveloci con alto potere di risoluzione.

10. Una fase del collaudo delle micropiastrine da 64 K usate nella memoria centrale degli elaboratori IBM 4300 (oltre che del Sistema/38 e del Sistema 8100). Sottili connettori ad ago provano l'esatto funzionamento dei circuiti elettronici; tutto il processo di collaudo è automatico, sotto il controllo di elaboratori elettronici.

11. Paragonata alla cruna di un ago e al normale filo da cucito, una micropiastrina usata nella memoria dei più moderni elaboratori elettronici IBM. Questa micropiastrina è in grado di registrare 65.536 informazioni elementari.

12. Un microprocessore montato su contenitore ceramico a 40 piedini della SGS.

13. Prove finali della centrale telefonica Proteo UT 10/3 della Italtel. Il Sistema UT 10/3 sarà la base del sistema nazionale per la commutazione elettronica pubblica, realizzato in collaborazione tra Italtel, Gte e Telettra.

14. Il personal computer M 20 della Olivetti.

15. Un home computer di un certo successo: il VIC 20 della Commodore. (Commodore Agenzia ETHOS.)

Capitolo terzo

NUOVE TECNOLOGIE E APPRENDIMENTO NEL LAVORO

Il cambiamento tecnologico e culturale indotto dall'informatica, dalla telematica, dalla robotica e dalla burotica. Il quaternario (1.2)

Daniel Bell con un suo saggio intitolato *Notes on the Postindustrial Society* pubblicato nel 1967, analizzando lo sviluppo della società del tempo, introduceva il concetto di società postindustriale. Egli riteneva che la società postindustriale discendesse direttamente dalla società industriale, e ne fosse la continuazione logica.

Oggi molti studiosi dei fenomeni sociali si rendono conto che si è creata una discontinuità tra contenuto, realtà, valori o categorie che connotavano la società industriale come era intesa venti o trenta anni fa e la società contemporanea. Si pensi, ad esempio, a concetti come capitalismo, industrializzazione, intervento pubblico nell'economia, partito, sindacato ecc., che altro erano prima e al tempo del saggio di Daniel Bell e altro sono oggi. Contemporaneamente si sono creati valori nuovi, diversi, che determinano situazioni e aspettative crescenti; si pensi, ad esempio, a quanti si coagulano attorno ai movimenti d'opinione, gruppi di consenso che si compongono e si sciolgono, dove i membri che hanno aderito a uno stesso gruppo possono contrapporsi o no in altri gruppi. La nuova realtà non discende linearmente dalla società industriale, anzi in una certa misura ne diverge. Una delle ragioni di ciò può essere ricercata nella crisi progressiva che ha vissuto e vive la società, crisi che è anche del suo

sistema produttivo. Nella società stessa si sono sviluppati propulsori che la portano verso nuovi equilibri. Uno di questi, se non il principale, è l'informazione. Certamente l'informazione è il fenomeno emergente, niente è paragonabile alla sua crescita e diffusione: e nel cambiamento della società il punto di svolta va cercato nel momento in cui è stato possibile gestire elettronicamente l'informazione e quindi nel momento in cui questo compito è stato svolto dall'elaboratore elettronico.

Grazie a questi nuovi strumenti sono aumentate enormemente qualità e quantità delle informazioni disponibili, e quindi lo scambio di messaggi utili agli individui e la diffusione di nuove conoscenze. L'elaborazione di nuove strategie tanto per l'azione individuale quanto per quella collettiva si basa su una serie di dati enormemente più ampia e attendibile; così l'informazione sarà sempre più la caratteristica dominante nella società postindustriale al punto che si potrà parlare indifferentemente di società dell'informazione o di società postindustriale. Ciò avverrà se si userà correttamente l'informazione: è l'ipotesi che si fa in questo volume. Viceversa, un uso non corretto dell'informazione o una sua moltiplicazione abnorme potrà portare anche a fenomeni di saturazione che inibiranno ogni sviluppo.

Il bene strumentale della società dell'informazione è l'elaboratore elettronico, una macchina che — l'abbiamo ricordato nella prima parte del volume — non determina una attività di trasformazione industriale di materie prime o semilavorati in prodotti finiti, ma che partendo dall'informazione produce altra informazione, cioè conoscenza. Tuttavia nella società dell'informazione l'elaboratore ha la stessa funzione che hanno avuto nella società industriale la macchina a vapore prima e il motore poi, in tutti i suoi tipi e con tutti i suoi modi possibili di alimentazione. Uno dei fini a cui tende la società industriale è la realizzazione di un circuito che prevede la produzione di merci, beni o servizi, la loro distribuzione e il loro consumo. Di qui discende la sua divisione in settori produttivi, il primario collegato alle attività agricole, il secondario a quelle

industriali, il terziario ai servizi. Nella società dell'informazione uno dei fini è l'informazione che determina conoscenza, che può trasformarsi in un fattore di produttività.

Come la macchina a vapore di James Watt, inventata nel 1775, si può considerare il punto d'inizio della società industriale, anche se il principio della macchina a vapore era noto fin dal 1708 con la macchina di Thomas Newcomen, così l'ENIAC, il primo calcolatore elettronico della storia, costruito nel 1946, può essere considerato il momento di partenza della società dell'informazione. Anche l'ENIAC era stato preceduto da altri elaboratori, ma questi in un certo senso erano meccanici. Quindi è solamente con l'ENIAC che si deve vedere il punto di inizio di una nuova rivoluzione industriale, e molti libri sull'informatica e sugli elaboratori partono proprio di lì per raccontarne la storia. Quando ci siamo trovati a pensare alla scaletta di questo volume, abbiamo ritenuto che fosse il caso di essere un po' più originali e che fosse opportuno iniziare in modo diverso l'opera. Dopo un'attenta riflessione però abbiamo ugualmente voluto avviare il nostro discorso con la storia dell'ENIAC, in quanto esso inequivocabilmente rappresenta il punto di partenza di una nuova era, e è quindi un vero *incipit* in tutti i sensi.

Nella prima parte del volume abbiamo passato rapidamente in rassegna le generazioni degli elaboratori che si sono succedute, caratterizzate, la prima dalla utilizzazione delle valvole, la seconda, sviluppatasi a partire dal 1956, dai transistor, e la terza, comparsa nella seconda metà degli anni '60, dall'uso dei circuiti integrati. Ma è la quarta, quella dello sviluppo dei microelaboratori, che ci interessa particolarmente. A queste quattro generazioni, a questi quattro momenti corrispondono quattro stadi della conoscenza e della cultura che si basa sull'elettronica degli elaboratori e sul trattamento dell'informazione.

La prima generazione degli elaboratori è preceduta e accompagnata da un momento di grande teorizzazione. Si sviluppa un patrimonio culturale importantissimo che estende la sua influenza sul presente e sul futuro. La grande teorizzazione è accompagnata dall'uso intensivo

degli elaboratori in campo strategico e nella ricerca scientifica e spaziale. La caratteristica dominante della seconda e della terza generazione è data da un notevole e progressivo sviluppo delle applicazioni degli elaboratori al campo economico e commerciale. In relazione proprio a queste applicazioni si sviluppano nuove e importanti teorie della direzione aziendale, anche se naturalmente c'è una differenza nell'impatto di queste discipline e nella loro formulazione nel passaggio dalla seconda alla terza generazione di elaboratori. La seconda generazione infatti è quella dei grandi sistemi che concentrano grandi capacità di elaborazione in un unico punto (sembrava quasi che un numero molto piccolo di elaboratori potesse regolare il mondo), mentre la terza è quella dei sistemi di dimensione più ridotta, che possono anche interagire con i grandi sistemi.

Le due generazioni sono anche caratterizzate da connotazioni diverse negli stili manageriali che hanno determinato. Mentre infatti la seconda ha prodotto prevalentemente sistemi di direzione e gestione accentrati, la terza invece è caratterizzata da maggiori aperture verso gestioni distribuite e policentriche.

Con la terza generazione poi si intensifica l'utilizzazione dell'elaboratore nelle telecomunicazioni, nelle elaborazioni industriali e nel lavoro d'ufficio, ma è con la quarta generazione che queste attività decollano, mentre iniziano un processo di demitizzazione dell'informatica e una sua distribuzione più allargata, tale che condurrà alla informatizzazione di massa. Come un tempo si è visto nell'automobile il simbolo della società industriale, così ora l'elaboratore personale diventerà il simbolo della società dell'informazione.

Nei prossimi vent'anni l'elaboratore personale sarà proposto sotto modi e forme diverse. È anche probabile che si possa disporre di più di un elaboratore, in ufficio o in fabbrica e a casa, come anche che gli elaboratori per le applicazioni professionali si connotino diversamente da quelli per le applicazioni domestiche. Già oggi esiste una differenza di capacità e di prezzo tra gli uni e gli

altri. Quelli per le applicazioni professionali costano più di un milione di lire, mediamente attorno ai cinque-otto milioni; quelli per la casa si possono acquistare con meno di un milione. In questo volume, nella parte destinata a trattare dei problemi dell'elaboratore e del lavoro, ci riferiremo a elaboratori del primo tipo; nei paragrafi in cui esamineremo i problemi della casa e del tempo libero ci riferiremo agli elaboratori del secondo tipo, che sono anche detti « home computer ».

Caratteristica della società industriale quindi è lo sviluppo di un terziario di dimensioni molto consistenti, mentre l'occupazione diminuisce nel settore agricolo e in quello industriale. La funzione dello stato in economia diventa sempre più decisiva. Libri come quello di John K. Galbraith, *Il nuovo stato industriale* hanno segnato una epoca. In anni a noi più vicini si è parlato sempre più di stato dei servizi a sottolineare la funzione crescente dello stato in questo settore. Nella società dell'informazione, questo processo si accentuerà. Tuttavia lo sviluppo dei servizi procederà in modo diverso da quello attuale proprio a causa dell'informazione, che in un certo senso sarà il bene strategico di quella società, in quanto assumerà la leadership dell'economia, occupando quel posto di guida che nella società industriale è tenuto dall'industria manifatturiera.

La produttività sarà sempre il metro dell'economia, ma non sarà tanto determinata, in un momento di costi che continueranno a essere crescenti, dalla economicità di gestione o di processo, quanto dalle possibilità indotte dalle nuove conoscenze. Si potrà parlare di produttività indotta dall'informazione, come risultato di una informazione cognitiva.

Vediamo di precisare meglio il concetto. L'elaboratore, proprio per le sue caratteristiche logiche se opportunamente alimentato dall'uomo (altrimenti, si tenga presente la frase *garbage in, garbage out*, che equivale a dire « se immettiamo porcherie, ne usciranno porcherie ») produce informazione in quantità considerevole, senza errori e in modo selettivo. L'informazione è cumulabile in quanto

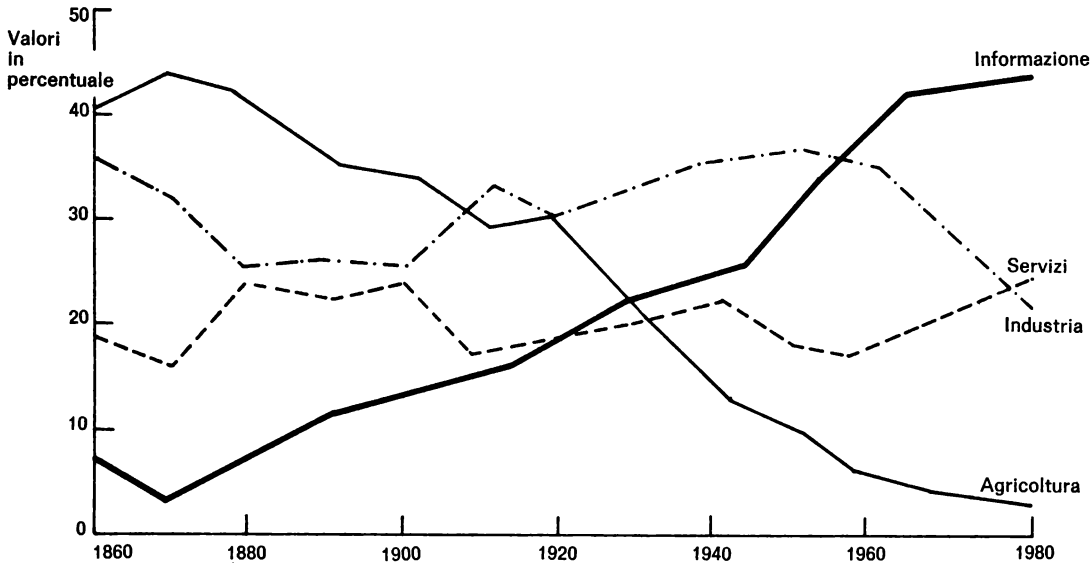


Fig. 12. Distribuzione percentuale della forza lavoro tra i settori negli Stati Uniti dal 1860 al 1980. (Fonte M. N. Porat.)

è memorizzabile e può essere riutilizzata in modo logico, così da produrre altra informazione. Il tasso di crescita dell'informazione è elevatissimo tanto che il fenomeno non ha riscontro nel passato. L'uomo, quindi, può disporre con l'elaboratore di uno strumento di straordinaria portata che gli permette di utilizzare meglio e incrementare notevolmente il patrimonio delle conoscenze rappresentato dall'informazione cognitiva. Con l'informatizzazione di massa l'informazione si trasformerà in un fattore strategico come lo erano nella società industriale il capitale e il lavoro. Il suo accumulo e la sua diffusione significheranno nuove conoscenze, nuove scoperte, nuovi modi di produrre, nuove produzioni. Per sfruttare al massimo questa intelligenza collaterale, questa intelligenza al silicio, si dovranno attivare, a fianco di quelle che già esistono, altre reti di telecomunicazione tra elaboratori, in modo da aumentare la velocità di circolazione dell'informazione e quindi la produttività.

Le industrie che si occuperanno della produzione e della gestione dell'informazione, nella società dell'informazione, potranno divenire leader dell'economia. Se si esamina l'andamento percentuale negli Stati Uniti della distribuzione della forza lavoro nei settori economici tradizionali e nell'informazione, si ha in modo chiaro la percezione di questo fenomeno. Nella Fig. 12 si vede come dal 1860 al 1980 ci sia stato negli USA un incremento costante degli addetti all'informazione, che a partire dalla seconda metà degli anni '40 diventa determinante per lo sviluppo del settore rispetto agli altri. Dal 1860 in poi la trasformazione e l'incremento nel campo della diffusione delle informazioni sono stati incessanti. Ma un vero e proprio salto di qualità è avvenuto con l'introduzione degli elaboratori. Infatti prima l'informazione veniva trasmessa tal quale mentre con l'elaboratore essa viene trasformata e accresciuta.

La collocazione naturale dell'industria dell'informazione, come abbiamo visto, è nel terziario accanto alle imprese che forniscono servizi; ma poiché assumerà una sua connotazione particolare, per la dimensione e l'im-

portanza del fenomeno essa potrà essere individuata come un nuovo settore industriale distinto dal terziario. Questa tendenza comincia ad affermarsi e c'è già chi parla di quaternario per riferirsi a tutte le attività collegate all'industria dell'informazione. Il quaternario in economia farebbe da corrispettivo e si salderebbe con l'era attuale, il quaternario geologico, che ha visto la comparsa e lo sviluppo dell'uomo. Le trasformazioni che la società subirà nella restante porzione di secolo possono anticiparsi già ora sulla base delle conoscenze che abbiamo. Le prospettive sono interessanti e notevoli; in qualche caso tanto innovative e di così vasta portata da sembrare irraggiungibili se considerate a fronte di certe realtà del sottosviluppo mondiale. Anche nel nostro paese il cambiamento che si deve compiere è enorme. Si tratta di un balzo culturale (e non solamente culturale) che può essere compiuto più agevolmente se si creano le condizioni per il decollo della società dell'informazione. Se ci limitiamo a considerare l'aspetto culturale, che è quello che concerne questo libro, vediamo che i presupposti a livello strutturale non mancano. Certo il mondo del lavoro, ma anche l'istituzione scolastica e individualmente ogni cittadino devono compiere un balzo in avanti e un passo qualitativamente significativo.

Da questo punto di vista non confortano le 29 sedi universitarie italiane, molte di recente costituzione, autorizzate a rilasciare diplomi di laurea in agraria e simili. L'intera Europa non ne conta tante. Per converso le facoltà universitarie di informatica sono ancora poche. Né si può dire che l'approccio informatico sia adeguatamente diffuso in tutte le discipline; molti « dottori » arrivano alla laurea, anche in discipline tecnico-scientifiche, senza aver mai potuto mettere le mani sulla tastiera di un elaboratore.

Lo sforzo di formazione che ne consegue è enorme e pesa il più delle volte sull'industria, dove gli elaboratori invece esistono e funzionano. Alcuni operatori industriali intervistati nel corso della stesura di questo libro

a proposito delle possibilità di creare in tempi brevi con la struttura pubblica una cultura informatica diffusa, hanno espresso opinioni improntate al più cupo pessimismo. Alcuni, pensando alla facilità di approccio che hanno le giovani generazioni con gli elaboratori personali e l'informatica, ritengono che la situazione potrà mutare nel corso degli anni solamente quando le nuove leve entreranno nella realtà produttiva.

Un altro pesante condizionamento alla produttività del sistema deriva, anche nel nostro paese, dall'invecchiamento della popolazione. Secondo le più recenti rilevazioni dell'ISTAT (dicembre 1979) in Italia i pensionati di ogni tipo raggiungono la cifra di 17 milioni 306 mila, contro 20 milioni di occupati. Il dato, che comprende anche le pensioni di invalidità, presenta un preoccupante fenomeno assistenziale. Infatti dei 17 milioni di pensionati il 32,9 per cento è « ufficialmente » invalido. Il fenomeno è evidente se si esamina la distribuzione territoriale delle pensioni di invalidità rispetto al totale delle pensioni erogate; così al Nord su 7.553.106 pensioni il 27 per cento è di invalidità, al Centro su 3.555.565 il 33,6, mentre al Sud su 5.401.700 pensioni la percentuale sale al 40,7. Sono cifre preoccupanti che condizionano pesantemente il sistema produttivo e che ci danno un'idea dello sforzo che si deve compiere per sanare situazioni così gravi. È uno sforzo anche culturale che deve essere volto a creare consapevolezza e sicurezza.

La domanda di cultura cresce costantemente nel nostro paese, nonostante il calo della natalità, ma è una domanda di cultura che non va abbandonata a se stessa ma va opportunamente indirizzata per correggere quelle storture che portano alla formazione di vere e proprie legioni di medici o avvocati. Non si sostiene per contro che tutti debbano diventare informatrici, ma se mai, se si vuole entrare nella società dell'informazione, che le conoscenze informatiche debbano essere diffuse a ogni livello, pena l'esclusione dal consorzio dei paesi avanzati.

Certo lo sforzo che si deve compiere è notevole, ma

occorre compierlo perché l'informazione è forse uno dei pochi strumenti che si hanno per aumentare la produttività del sistema, e quindi far superare una crisi che non è solo dell'Italia ma di tutti i paesi industrializzati. L'ingegner Carlo De Benedetti, vice presidente e amministratore delegato della Olivetti, nel marzo 1982, in occasione della presentazione alla stampa del personal computer M 20, ha detto in proposito:

> A questo sviluppo qualitativo della popolazione e del lavoro fa riscontro il rallentamento costante degli indici di produttività pro-capite dovuti sia all'insufficiente crescita della produttività del sistema economico nel suo complesso, sia all'aumento della popolazione improduttiva: giovani in attesa di primo impiego, disoccupati, pensionati in numero crescente in conseguenza dell'allungamento della vita umana. Questi fenomeni richiedono invece la necessità di una crescita della produttività pro-capite attraverso un migliore utilizzo delle risorse. In questo quadro si inserisce il fenomeno della informatizzazione di massa quale strumento per soddisfare la domanda di lavoro più qualificato, per adeguarsi alla continua crescita del settore terziario, aumentandone l'efficienza, per creare nuove opportunità di lavoro e di creatività in fasce di popolazione che tendono ad essere rigettate ai margini del sistema.
>
> Perché tutto questo assuma concretezza e dia luogo a reali prospettive economico-sociali occorre un adeguato comportamento di coloro dai quali dipende l'affermarsi del processo di informatizzazione. Come costruttori crediamo di adempiere al nostro ruolo nello sforzo continuo di ricerca e innovazione al livello dei migliori standard internazionali.

La prospettiva di una svolta dipende dai contenuti di questo comune sforzo di cooperazione. Contenuti che devono essere presenti nella scuola, nel mondo del lavoro e devono essere operanti a tutti i livelli, soprattutto a livello politico.

Nuove conoscenze, nuove capacità, nuove abilità. Software per l'informatica, telematica, robotica, burotica (2.2)

L'aumento delle conoscenze negli ultimi trent'anni, o poco più, cioè dalla data in cui hanno cominciato a diffondersi i primi elaboratori elettronici, è avvenuto a un ritmo che non ha precedenti nel passato.

Il tasso di rinnovamento è stato tale che tutte le professioni, tutte le specializzazioni ne sono risultate sconvolte. All'inizio del secolo gli ingegneri, i medici, i tecnici in genere che uscivano dall'università avevano un bagaglio culturale sufficiente a assisterli per tutta la vita professionale. Oggi questa situazione non è nemmeno ipotizzabile. Nella gran parte delle discipline tecnico-scientifiche l'insieme delle conoscenze si rinnova nel giro di dieci, quindici anni al massimo, e questi intervalli si accorciano sempre di più. Il fenomeno del rinnovamento culturale continuo è una delle caratteristiche della società contemporanea. Tutto il sistema formativo ne è investito, al punto che per adeguarsi ad esso bisognerà affiancare, alle scuole tradizionali, un'attività di formazione sul posto di lavoro, o in circuiti alternativi utilizzabili anche in casa.

L'informatica, la telematica, la robotica e la burotica contribuiranno a diminuire, fino ad annullarle, le differenze esistenti tra operai e impiegati, ma i nuovi lavori che si creeranno in fabbrica e in ufficio richiederanno maggiori conoscenze e capacità nuove orientate sempre più nel senso dei metodi che abbiamo chiamato di « soluzione dei problemi » (*problem solving*) e di « formazione delle decisioni » (*decision making*). Gli insegnanti a loro volta avranno bisogno di frequentare — tutti e più spesso — corsi di aggiornamento. Molti paesi stanno già intervenendo in questa direzione utilizzando corsi per corrispondenza, la televisione e anche l'elaboratore. Anzi proprio l'elaboratore, se fosse presente in tutte le scuole, potrebbe essere il veicolo più sicuro, più affidabile, più flessibile per condurre questa azione. Anche per la formazione sul posto di lavoro, vi sono iniziative in corso in

paesi come il Giappone e gli Stati Uniti che prevedono l'uso dell'elaboratore e che si presentano particolarmente interessanti e produttive, tali da assicurare un livello addestrativo adeguato alle esigenze dei cambiamenti tecnologici e delle nuove conoscenze.

Se si volesse usare uno slogan per sottolineare il segno e la direzione che queste iniziative devono assumere, si potrebbe dire: « Bisogna insegnare a imparare e imparare a imparare ». L'elaboratore può avere una funzione centrale in questo processo. Non deve essere visto solamente come uno strumento di lavoro efficace, nuovo e divertente, ma anche come un mezzo che consente di realizzare programmi didattici complessi e articolati e come un catalizzatore di un processo formativo che si determina con l'ambiente cognitivo che si può creare attorno ad esso.

Nella società dell'informazione non mutano solamente le diverse conoscenze professionali, ma anche e soprattutto quelle maggiormente collegate alle tecniche e alle applicazioni connesse alla elaborazione dei dati. Un esempio evidente lo abbiamo proprio nelle fabbriche con l'introduzione dei robot, e negli uffici. Esamineremo ora questi due aspetti più in dettaglio di quanto non abbiamo fatto nella prima parte del volume. Lì, parlando della robotica, abbiamo posto l'accento soprattutto sulle sue applicazioni nei grandi complessi industriali, e abbiamo fatto cenno agli sviluppi delle applicazioni dei robot nella ricerca spaziale e sottomarina. Qui, vogliamo richiamare l'attenzione sul fatto che i robot possono essere ormai utilmente impiegati anche nella piccola e media industria, non tanto a sottolineare una nuova possibilità concreta di utilizzazione dei robot, quanto per precisare il tipo di applicazione e penetrazione nella realtà produttiva che per loro si prospetta e quindi per chiarire quale tipo di conoscenze e di cultura richiederanno nell'ambiente in cui saranno inseriti.

Gli studi e le applicazioni industriali della robotica in Italia sono avanzati e il nostro paese si colloca tra il quarto e il quinto posto nel mondo per la produzione di

robot industriali. Il settore ha avuto tassi altissimi di incremento negli ultimi anni, pari al 120, 140 per cento, anche se le imprese del settore sono appena una dozzina e se il fatturato è di soli 20 miliardi di lire all'anno di cui una decina provenienti dalle esportazioni [1].

Poiché nei temi che affrontiamo il nostro obiettivo prioritario è l'aspetto didattico, vogliamo ricordare i robot di piccole dimensioni. Sono robot molto importanti per le funzioni di formazione e addestramento che possono avere nei programmi scolastici o in azienda. Scuole, industrie, tecnici possono impiegarli in collegamento con gli elaboratori personali e quindi realizzare programmi di formazione molto efficaci senza bisogno di immobilizzare i robot di grandi dimensioni, che, non dimentichiamolo, sono macchine di grande potenza e quindi con un certo grado di pericolosità.

Se i cambiamenti indotti dalla informatica e dalla telematica sono notevoli ben maggiori si prospettano quelli indotti dalla burotica. Infatti se esaminiamo la realtà dell'organizzazione del lavoro d'ufficio, dobbiamo subito constatare che è proprio nel lavoro d'ufficio che si può recuperare maggiormente in produttività. Anni di studi organizzativi applicati al lavoro di fabbrica hanno dato risultati notevoli in questa direzione, mentre non altrettanto è accaduto per il lavoro d'ufficio che pure, in seguito allo sviluppo del terziario, è di gran lunga l'attività che ha avuto l'incremento più rilevante; e questo naturalmente contribuisce a ingigantire il problema. Ancora una volta saranno i microprocessori, l'informatica, i terminali di nuova concezione che renderanno possibili i necessari mutamenti organizzativi.

Nei sistemi aziendali la presenza dell'elaboratore è ormai consolidata, soprattutto per quanto si riferisce al trattamento dei dati di gestione. Questi compiti, centralizzata o meno che sia l'azienda, vengono svolti da un

[1] AA.VV., *Stato attuale e prospettive della robotica in Italia, Atti del primo congresso nazionale della SIRI*, Etas Kompass, Milano 1982.

ente che nella maggioranza dei casi viene chiamato « centro di calcolo » o « centro elaborazione dati ». È questo ufficio che si occupa della raccolta dei dati aziendali — cioè quelli relativi agli acquisti, vendite, magazzino, retribuzioni ecc. — e che provvede alla loro codifica e alla loro immissione nell'elaboratore. Sempre lo stesso centro si occupa della distribuzione dei tabulati, cioè dell'output dell'elaborazione: una massa di carta variamente rilegata e — bisogna dirlo — poco consultata, ma molto diffusa nelle aziende, che serve a evidenziare la dicotomia che esiste tra persone che si occupano di elaborazione di dati e persone che si occupano di altre attività (vendite, produzione ecc.). I primi sono gli artefici dei tabulati, i secondi ne sono i destinatari, anche se nella maggior parte dei casi sono persone che non si sono ancora integrate nella cultura informatica aziendale. Tuttavia per quanto estranee ad essa, anche perché non possono manipolarla, queste persone non rinunciano al tabulato, che è evidentemente una specie di « status symbol » della gerarchia e del potere aziendale. Per superare queste situazioni e per rendere più efficiente e produttivo il sistema aziendale bisogna che l'informatica arrivi a tutti non come tabulato, ma come terminale di un elaboratore più o meno intelligente così da consentire una interazione tra individuo e macchina o sistema; è quella che si chiama « informatica distribuita ». Molte aziende nel mondo e un certo numero in Italia si stanno ponendo su questa strada.

Altre aziende invece rimangono pervicacemente ancorate a un sistema informatico sostanzialmente centralizzato, anche se in qualche caso possono comparire terminali più o meno interattivi in periferia. Sono le aziende in cui l'alta direzione non vuole fare, in qualche caso fino in fondo, la scelta del decentramento e della divisionalizzazione. Altre volte sono gli esperti di informatica, gli uomini con il camice bianco, i custodi dell'elaboratore, più che la direzione, che non vogliono cedere autonomia e potere. Non si rendono conto che a lungo andare, ostacolando lo sviluppo di programmi di informatica distribuita, non rendono un buon servizio alla

loro azienda in quanto rallentano la crescita delle persone e la costruzione di un ambiente favorevole allo sviluppo dell'informazione cognitiva.

Un passo successivo è rappresentato dalla realizzazione di veri e propri programmi di automazione del lavoro d'ufficio. Se vogliamo dare il senso di questo cambiamento possiamo dire che nelle aziende l'informatica deve passare dall'estremo del trattamento dei dati aziendali all'estremo del trattamento delle parole. La formula è sbrigativa ma efficace e indica, almeno in una prima approssimazione, qual è la direzione in cui opera il cambiamento. Elaborare parole significa introdurre nuove macchine che utilizzano l'informatica e i microprocessori o le reti di telecomunicazione per i compiti che tradizionalmente venivano svolti in ufficio. In un primo tempo queste « macchine » di nuova concezione e queste tecnologie saranno introdotte separatamente. In un secondo tempo saranno integrate e si realizzerà così quel modello di ufficio e di lavoro d'ufficio che la burotica prevede.

Il quadro generale nel quale si realizzerà l'automazione del lavoro d'ufficio è quello determinato da una realtà in atto già dal 1975, da quando cioè il costo dell'informazione memorizzata su nastro è divenuto minore del costo della sua registrazione su carta. Dal 1975 si prospetta la nascita dell'ufficio senza carta, almeno come stadio intermedio di esecuzione e presentazione del lavoro. Negli Stati Uniti, ad esempio, in conseguenza dell'avvio dei programmi di automazione del lavoro d'ufficio si comincia a avvertire una diminuzione nei consumi di carta. Il fenomeno ha raggiunto dimensioni significative tanto che Kenneth G. Bosomwort, presidente della International Resource Development Inc., in una intervista a « Business Week » del 5 aprile 1982 affermava che le nuove apparecchiature elettroniche per l'ufficio e l'utilizzazione del video in casa avrebbero ridotto di 300 mila tonnellate l'anno la vendita di carta e che è prevedibile che la domanda del settore subirà una fortissima flessione a partire dal 1985.

Le nuove reti di telecomunicazione che consentiranno

la integrazione delle macchine che compariranno negli uffici e che si basano soprattutto sulla elaborazione della parola, possono essere di tipi diversi: *analogiche*, e sono quelle che tutti conosciamo e che trasmettono la voce umana nella sua forma originale, cioè in modo analogico; *digitali*, cioè quelle che trasmettono informazioni in termini di bit e quindi numerici (' digitale ' da *digit* che in lingua inglese significa ' cifra ', ' numero '): è possibile anche la digitalizzazione della voce quindi la sua trasformazione in codice binario con notevoli vantaggi per quanto riguarda la sua memorizzazione e riutilizzazione in vario modo attraverso il telefono e l'elaboratore; a seconda che i dati vengano o meno trasmessi via cavo (esistono anche in questo campo innovazioni di primario interesse come le fibre ottiche, sottili cavi di vetro o di quarzo particolarmente adatti per trasmettere informazioni digitali), *terrestri*, via *etere* e via *satellite*; *dedicate*, cioè a completa disposizione di uno o più utenti per convogliare informazioni digitalizzate ad alta velocità; *commutate*, comunicazioni che usano la rete normale in modo tale che durante il collegamento funziona come una rete dedicata; a *commutazione di pacchetto* in cui i messaggi sono raggruppati in blocchi e trasmessi a blocchi. I messaggi vengono inviati al nodo più vicino che provvede alla trasmissione.

Ma le reti non si distinguono solamente per questi aspetti tecnici. Esistono reti interne alle aziende, o a un gruppo o all'unità locale. Queste reti private uniscono varie macchine e vari dispositivi e possono essere collegate con la rete pubblica e i servizi a pagamento. Ogni costruttore che ha programmi nel campo della automazione del lavoro d'ufficio ha un modello di rete che collega le macchine, così la Italtel nell'esempio che riportiamo, così la Rank Xerox che chiama la sua rete Ethernet.

Nella Fig. 13 diamo un esempio di automazione del lavoro d'ufficio realizzata con una rete che permette nuove applicazioni integrate di telematica. Il suo funzionamento avviene per nodi di smistamento, dove la funzione dei nodi è la seguente: commutazione di circuito fonia-dati;

commutazione di pacchetto; commutazione di messaggio, elaborazione di documenti; banca dati per l'ufficio dettatura e gestione della rete.

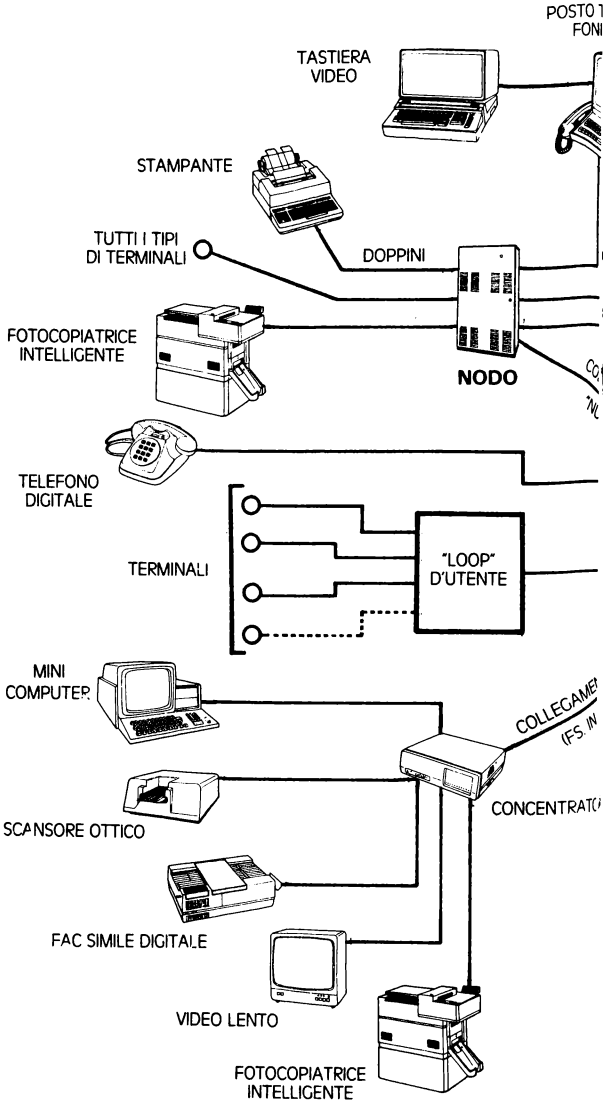
La funzione dei terminali è sufficientemente chiarita dalla loro denominazione; tuttavia vediamo di dare una breve spiegazione del funzionamento di alcune macchine che in questa figura incontriamo per la prima volta. La fotocopiatrice intelligente è una unità che, oltre alla riproduzione fedele di un documento, se collegata in rete, consente la ricetrasmissione del documento, e anche una sua elaborazione. L'unità di fotocomposizione serve per ottenere un output di testi che sia pronto per la stampa. È l'incontro tra le tecniche di word processing, di elaborazione dei testi e quelle di composizione che prevedono la predisposizione dei testi nel formato di pagina e la scelta dei caratteri a stampa di qualsiasi tipo.

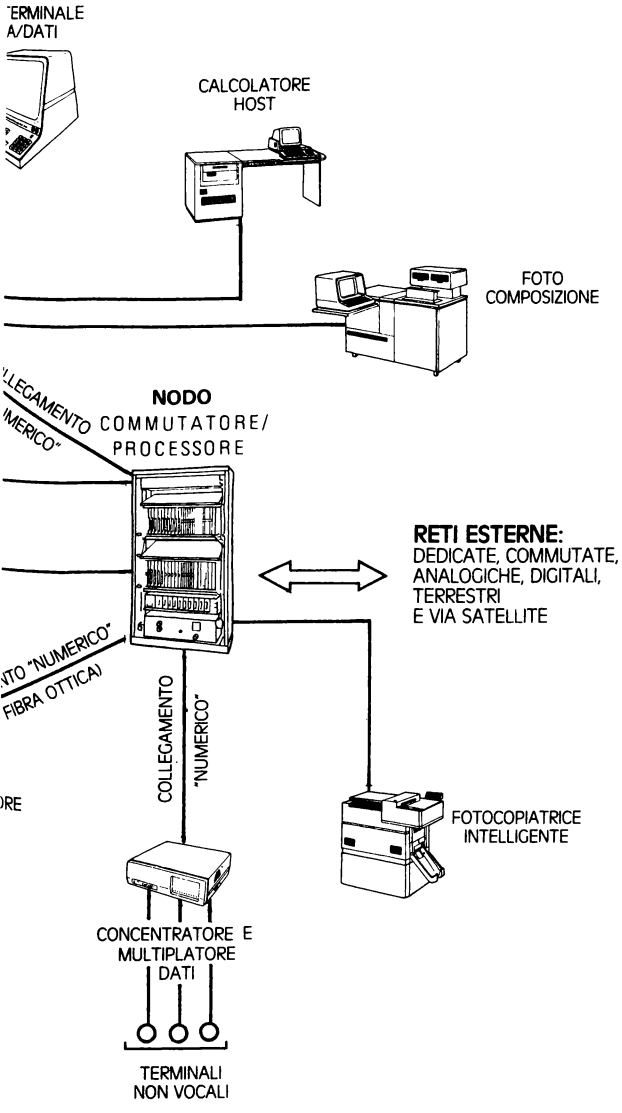
L'intera rete si basa su tecniche di word processing, nel senso che è stato visto e descritto nel paragrafo intitolato « La burotica » nella prima parte di questo volume.

Nel caso che abbiamo esemplificato, sia che si tratti di una unità che si occupa di problemi amministrativi, o legali o tecnici, è sempre possibile richiamare su di un video, magari a colori, la situazione storica o attuale di un evento da un qualsiasi archivio di informazioni in cui esso sia immagazzinato. Ciò presuppone evidentemente la possibilità di disporre di un software di nuova concezione, e anche qui ci si scontra di nuovo con il problema rilevantissimo della formazione. Formazione che deve intervenire e nel senso della preparazione alla costruzione del software e nel senso della sua utilizzazione.

Il terminale a tastiera, il terminale video, il telefono digitale, la fotocopiatrice intelligente ecc. sono un hard-

Fig. 13 (*a pag. seguente*). Rete realizzata con apparecchiature per nuove applicazioni integrate di telematica. Esempio di rete (ABCS) Advanced Business Communication Systems, basato sull'utilizzo di nodi commutatore/processore. Questa rete consente la gestione delle applicazioni integrate di telematica nell'ambito di una struttura operativa professionale. Fonte: Italtel.


POSTO T
FONI
TASTIERA
VIDEO
STAMPANTE
TUTTI I TIPI
DI TERMINALI
DOPPINI
FOTOCOPIATRICE
INTELLIGENTE
NODO
TELEFONO
DIGITALE
TERMINALI
"LOOP"
D'UTENTE
MINI
COMPUTER
COLLEGAME
(F.S. IN
CONCENTRATO
SCANSORE OTTICO
FAC SIMILE DIGITALE
VIDEO LENTO
FOTOCOPIATRICE
INTELLIGENTE


'ERMINALE
A/DATI
CALCOLATORE
HOST
FOTO
COMPOSIZIONE
LLEGAMENTO
MERICO"
NODO
COMMUTATORE/
PROCESSORE
RETI ESTERNE:
DEDICATE, COMMUTATE,
ANALOGICHE, DIGITALI,
TERRESTRI
E VIA SATELLITE
NTO "NUMERICO"
FIBRA OTTICA)
COLLEGAMENTO
"NUMERICO"
ORE
FOTOCOPIATRICE
INTELLIGENTE
CONCENTRATORE E
MULTIPLATORE
DATI
TERMINALI
NON VOCALI

ware di nuovo tipo e costituiscono un sistema informativo ben diverso dal sistema informativo aziendale di tipo tradizionale descritto all'inizio di questo paragrafo o da quello previsto da installazioni di informatica distribuita. Abbiamo evidentemente dato un esempio di una situazione avanzata, ma ancora una volta, lo ripetiamo, ci riferiamo a un futuro ormai prossimo. Questi sistemi di gestione consentono di avere, istante per istante, il quadro delle attività di ogni sezione, reparto, divisione aziendale non solamente per quanto concerne l'aspetto gestionale, ma soprattutto per quanto concerne l'aspetto sistemico dell'informazione, sia che si tratti di una attività di progettazione, sia che si tratti di una comune attività di gestione.

Proprio perché si tratta di un settore in cui così limitati sono stati gli interventi in passato, è probabile che si sviluppino forti resistenze ai cambiamenti. Resistenze che sono determinate da timore di perdita di lavoro, o da stati d'ansia che si possono generare in presenza di lavori nuovi e che non si conoscono. Anche per fronteggiare queste preoccupazioni l'introduzione di tecniche di automazione del lavoro d'ufficio richiede che sia compiuto uno sforzo notevole volto alla diffusione delle conoscenze e a dare consapevolezza della necessità e inevitabilità dei cambiamenti.

Il cambiamento e la formazione. La soluzione euristica dei problemi. Modelli. Simulazione. Business games (3.2)

L'introduzione nell'azienda e nella fabbrica dell'informatica distribuita e di tecniche integrate di automazione del lavoro d'ufficio o del processo industriale, non è scevra da pericoli di fallimento. Le cause possono essere di natura assai diversa, e non rientra nei limiti di questo libro analizzarle in dettaglio. Poiché la nostra attenzione è rivolta agli aspetti culturali e formativi che queste trasformazioni comportano, ci limiteremo a sottolineare le cause che possono determinare l'insuccesso e il fallimento

di queste iniziative solamente se hanno attinenza con l'aspetto culturale e formativo. Abbiamo seguito questo metodo quando abbiamo affrontato il problema in relazione all'argomento « scuola », lo seguiremo ora affrontando il tema « lavoro » e lo manterremo anche nei paragrafi successivi quando analizzeremo il tema « casa e tempo libero ».

Pericoli di fallimento dovuti a carenze culturali sorgono quando la realizzazione di programmi di informatica distribuita o di automazione non viene avviata con gradualità, e quando non sia preceduta e accompagnata da studi che considerino anche gli aspetti connessi ai valori e ai fattori della componente sociologica dell'organizzazione.

L'introduzione di tecniche di informatica distribuita o di automazione del lavoro d'ufficio o di fabbrica comporta un grosso sforzo formativo volto a dare consapevolezza delle ragioni del cambiamento. Essa comporta anche nuove conoscenze di tipo tecnico in relazione alle nuove macchine che si introducono e alle nuove procedure che queste macchine richiedono. Le resistenze al cambiamento possono essere notevoli. In generale l'elaboratore può incutere timori e paure più forti di quelle valenze positive che oggi ha nell'immaginario collettivo. Il non poter più chiedere a un collaboratore una serie di dati o la realizzazione di un determinato documento e il doverli ricavare da sé o da una macchina, può essere percepito come una diminuzione di ruolo e quindi come una perdita di status non compensata dal fatto di possedere o poter accedere a un sistema efficace che presenta notevoli valenze esteriori di prestigio.

Ma l'attività di formazione non deve essere solamente rivolta a rimuovere ostacoli di questo tipo, al contrario deve essere soprattutto indirizzata a creare quella cultura dell'informazione che ha il proprio centro nell'elaboratore.

Sul tavolo del dirigente, del quadro intermedio (impiegato o tecnico di fabbrica che sia) l'elaboratore o un suo terminale rappresentano uno strumento di conoscenza e di decisione, che non ha precedenti nella storia del

lavoro umano. La potenzialità che esprime può essere misurata in termini di efficacia dei processi di decisione o in termini di rapidità di comunicazione delle informazioni.

In un moderno contesto economico produttivo l'elaboratore si trasforma da strumento utile in varie applicazioni in uno strumento per pensare, e a tal fine il processo di « soluzione dei problemi » (*problem solving*) o il processo di « formazione delle decisioni » (*decision making*), la simulazione, la modellizzazione sono momenti che assumono un'importanza decisiva.

Un'impresa, non importa quale tipo di attività eserciti, si regge in quanto chi la dirige prende delle decisioni. Se in essa si sono realizzate o l'informatica distribuita o l'automazione del lavoro d'ufficio, il processo di decisione e di responsabilizzazione può essere allargato al massimo. Inoltre l'elaboratore come moltiplicatore delle informazioni è al centro del processo, quindi in queste realtà e in queste condizioni il processo decisionale assume un'importanza fondamentale in quanto processo scientifico. Grazie all'elaboratore infatti esso è accelerato e ottimizzato. Siamo a quella che Herbert A. Simon chiama la soluzione euristica dei problemi, una tecnica che consente di operare delle scelte indicando modi di agire in assenza di certezze teoriche o sperimentali consolidate.

Soluzione dei problemi, decisioni programmate e non programmate, tecniche e modelli matematici ad esse relativi sono indipendenti dagli elaboratori, ma, poiché richiedono molti calcoli per la loro esecuzione, il loro notevole sviluppo procederà di pari passo con la diffusione degli elaboratori e in particolare degli elaboratori personali. Herbert A. Simon ha notevolmente sviluppato questi temi, soprattutto in relazione ai loro risvolti aziendali. Sua è l'affermazione seguente:

Attualmente ci troviamo in piena rivoluzione tecnologica del processo decisorio. Tale decisione presenta due aspetti, di cui uno è assai più avanzato dell'altro. Il primo riguarda principalmente le decisioni di tipo programmato e rientra nel campo della « scienza della direzione ». Il secondo, riguar-

dante le decisioni non programmate e anche quelle programmate, è il campo d'azione di alcune tecniche note come « programmazione euristica » e, talvolta, « intelligenza artificiale ». Grazie a queste tecniche stiamo acquisendo i mezzi per automatizzare tutte le decisioni aziendali, siano esse programmate o meno [2].

Unitamente al metodo della « soluzione dei problemi », l'elaboratore indurrà in azienda l'adozione di altre tecniche di decisione; in particolare di quelle che si basano sulla simulazione e sulla modellistica. Come è avvenuto per la soluzione dei problemi, anche delle tecniche di simulazione e della modellistica abbiamo già parlato in questo libro, e precisamente nel paragrafo in cui abbiamo sviluppato la casella 3.1 della Fig. 1. In quella sede abbiamo messo in evidenza come l'uso delle tecniche di simulazione e l'adozione di modelli fossero fondamentali nell'insegnamento in quanto consentono con scarso rischio e a basso costo esperienze altrimenti assai ardue o impossibili. Vogliamo riprendere il concetto per riaffermare come queste tecniche siano valide anche nel contesto aziendale o produttivo. Qui, in più, la simulazione e la modellistica possono costituire non solo importanti strumenti di formazione, ma anche e soprattutto strumenti di decisione.

La simulazione e la modellistica, come è già stato detto per la « soluzione dei problemi », non devono la loro esistenza all'elaboratore, dal quale possono restare indipendenti, ma in quanto si basano su fondamenti matematici che si ricollegano al calcolo delle probabilità e alla teoria dei giochi, e in quanto richiedono progettazione e sviluppano notevole mole di calcolo, essi possono trovare ampio campo di applicazione proprio negli ambienti dove gli elaboratori elettronici sono presenti, quindi anche nelle aziende. Proprio nelle aziende ha avuto sviluppo una delle loro applicazioni più interessanti: il *business game*, la simulazione d'affari, che è diventato uno dei

[2] Herbert A. Simon, *Informatica, direzione aziendale e organizzazione del lavoro*, Franco Angeli, Milano 1980[2].

principali strumenti di formazione anche nelle università e nelle scuole di perfezionamento postuniversitario. I *business game* sono tanto più validi quanto più i dati con i quali si opera (condizioni del mercato, risposta degli operatori, concorrenza ecc.) sono fedeli alla realtà. L'elaboratore è lo strumento ideale per queste simulazioni e per gestire le risposte e il comportamento dei partecipanti al gioco.

Un esempio che servirà immediatamente a chiarire l'importanza di questi strumenti nella formazione e nelle decisioni è il simulatore di volo. Non c'è compagnia aerea, scuola di volo civile o militare che non utilizzi oggi il simulatore di volo. L'aspirante pilota si siede in una cabina di pilotaggio che gli consente di sperimentare le sue conoscenze e abilità con un modello della situazione che troverebbe in volo senza che si registrino le conseguenze disastrose cui un errore potrebbe dar luogo.

Modelli per interpretare la realtà e per simularla sono ormai largamente disponibili. Con un personal computer è possibile giocare a Monopoli o far atterrare la propria astronave su un qualsiasi pianeta o addentrarsi in sistemi sempre più complicati di decisioni che riguardano scelte individuali o collettive di lavoro e non: l'elaboratore è e sarà sempre di più uno strumento per pensare.

Informazione cognitiva. L'ambiente di lavoro come ambiente di apprendimento (4.2)

Se esiste motivazione all'apprendimento, questo si sviluppa in stretta connessione con le conoscenze disponibili. Se si crea un ambiente di lavoro che accresce e moltiplica la conoscenza, si accrescono e si moltiplicano le possibilità di apprendere.

Il concetto che abbiamo appena esposto è intuitivo e immediato. Ne consegue che se l'ambiente di lavoro (azienda, divisione, gruppo di ricerca ecc.) viene organizzato secondo le tecniche che abbiamo esposto nei paragrafi precedenti, e se quindi al suo interno esiste una

rete integrata di macchine e strumenti di lavoro che funzionano secondo i princìpi della telematica e dell'informatica distribuita, allora la capacità e i contenuti della informazione aumentano, e questa informazione, resa disponibile selettivamente, o memorizzata, moltiplica la conoscenza disponibile. Si determina così, all'interno dell'unità che abbiamo considerato, la formazione di un ambiente cognitivo. Le persone che vi lavorano con la loro prestazione contribuiscono a formare « un prodotto » che è diverso da quello che si sarebbe ottenuto se alla sua formazione avesse contribuito un solo individuo. In altre parole all'interno di quella unità si è costituita una memoria, una informazione, un'intelligenza che è diversa dalla memoria, dall'informazione, dall'intelligenza individuale.

Ciò consentirà alla nostra unità, al nostro sistema, di interagire con l'ambiente, così che essa si evolverà, cioè muterà il proprio comportamento in relazione agli stimoli e alle reazioni che verranno dall'esterno. Questo processo sarà tanto più efficace e tanto più rapido quanto più affidabile è il sistema di elaborazione dell'informazione all'interno dell'unità considerata. Interagendo con l'ambiente l'unità imparerà e rifletterà al suo interno le conoscenze nuove maturate, ma poiché al suo interno esiste ed è operante un ambiente cognitivo, queste conoscenze agiranno e avranno riflessi sull'apprendimento dei singoli individui che compongono quell'organizzazione.

Ogni ambiente di lavoro, ogni organizzazione ha quindi una sua cultura. Ciò è vero anche in assenza dell'elaboratore, ma è proprio in presenza dell'elaboratore e di una rete integrata di informazioni che può compiersi un salto qualitativo. Proprio in ragione di ciò non dobbiamo sottovalutare gli effetti che la nuova cultura aziendale, quella basata sull'informazione, potrà avere sul futuro delle organizzazioni e sui comportamenti e atteggiamenti individuali.

Capitolo quarto

NUOVE TECNOLOGIE E APPRENDIMENTO IN CASA E NEL TEMPO LIBERO

Il cambiamento nel costume e nell'ambiente. La nuova cultura individuale (1.3)

« Nella prima parte del ventesimo secolo, la visione di una società futura incredibilmente ricca, tranquilla, ordinata ed efficiente (un mondo splendente di vetro, d'acciaio e di candido cemento) faceva parte del *bagaglio ideale* di qualsiasi persona che non fosse analfabeta. La scienza e la tecnica progredivano con tale velocità, rinnovandosi continuamente, che pareva naturale pensare che si sarebbero sempre più sviluppate. Ma ciò non accadde, in parte per l'impoverimento seguito alla lunga serie di guerre e rivoluzioni, e in parte perché il progresso scientifico dipende soprattutto da un abito mentale proclive alla speculazione che non può sopravvivere in una società rigidamente irregimentata. » [1]

Il brano è tratto da *1984* di George Orwell e, nella finzione del romanzo, è attribuito al libro dell'odiato Goldstein, sul quale si scarica la tensione collettiva. Sono parole che descrivono efficacemente la anti-utopia di Orwell. Ma il Grande Fratello non ci sarà; mancano pochi mesi al 1984, l'anno scelto da Orwell per rappresentare simbolicamente il sopravvento di un modello totalitario di gestione della società, e il suo resta uno splendido racconto, di una tristezza disperata. Orwell non ha voluto

[1] George Orwell, *1984*, Mondadori, Milano 1950; 1981, ediz. nella collana « Oscar », p. 21.

certo fare una predizione, ha voluto solamente mettere il mondo di fronte ai pericoli ai quali conduce la corruzione di un potere senza controllo.

Eric Arthur Blair — George Orwell — terminava il suo romanzo nel 1948 e invertendo le ultime due cifre di quell'anno trovava una data non troppo lontana, ma nemmeno troppo vicina, per presentare un cambiamento sociale tanto sconvolgente. È vero che mentre Orwell pensava alla sua opera, una nuova tecnologia e ENIAC, il primo elaboratore elettronico della storia, cominciavano a operare, ma non una volta nel libro si parla di elaboratori; non avrebbe avuto senso allora. Nel romanzo il controllo sociale avviene attraverso teleschermi che collocati ovunque, nelle case e negli uffici, vigilano su tutto e su tutti; sono lo strumento attraverso il quale il potere può intervenire sulla massa o selettivamente sui cittadini. Forse per questo motivo, con gli anni, a mano a mano che si venivano sviluppando gli elaboratori, con la loro capacità di trattare enormi masse di dati, e a mano a mano che l'elaboratore si collegava alla televisione, questo romanzo è stato caricato di significati e di oscuri presagi anche per la nascente tecnologia collegata all'elettronica e all'elaborazione delle informazioni che all'inizio non aveva né poteva avere.

La tentazione totalitaria non viene dalla tecnologia, che certamente potrebbe esserne un pericoloso strumento; al contrario oggi possiamo immaginare la società dell'informazione come una società aperta e partecipativa e l'elaboratore, divenuto personale, può esserne uno strumento. Uno strumento che anche in casa non solamente contribuirà a creare cultura, ma agirà come elemento di trasformazione delle abitudini e del costume. Infatti l'elaboratore personale (e qui ci si riferisce a quello che oggi si può acquistare con meno di un milione di lire) può essere utilizzato per la soluzione di problemi (*problem solving*), per scopi educativi, come strumento ausiliario di attività domestiche o di lavoro e infine come macchina per giocare. Un home computer si può quindi trasformare anche a casa in un mezzo che può indurre l'utilizzatore

a sviluppare notevoli capacità logiche e creative, nuove abilità e nuove conoscenze.

Attorno all'elaboratore personale si viene quindi a creare quell'ambiente cognitivo che abbiamo visto essere così importante per la formazione nella scuola e nell'ambiente di lavoro. Della sua rilevanza per quanto riguarda l'aumento della produttività, abbiamo già detto; qui vogliamo solamente porre l'accento sul fatto che l'elaboratore personale portato al livello della diffusione di massa può provocare mutamenti di costume o di abitudini che non hanno l'eguale in altre esperienze condotte in passato con i mezzi di comunicazione di massa. Ciò sarà ancor più vero quando l'elaboratore personale in una prospettiva, ormai non molto lontana, potrà essere collegato attraverso reti di telecomunicazione ad altri elaboratori personali o a banche di dati che rendano disponibili anche per l'utente domestico informazioni culturali o di carattere pratico o connesse al divertimento. L'utente domestico avrà alla portata delle proprie dita un potere e una potenza di elaborazione che fino a qualche anno fa sembravano riservati ai grossi complessi industriali. La cultura individuale ne risulterà accresciuta e mutata nella sostanza.

In una realtà sociale stratificata nella quale il ceto medio ha un peso e una funzione cospicui, una larghissima maggioranza della popolazione, numericamente sempre più rilevante, sarà depositaria di valori nuovi, valori culturali, di partecipazione, che condurranno alla creazione di interessi nuovi, anche politici, valori collegati all'autorealizzazione, e valori umanistici.

Nuove abitudini e nuovi atteggiamenti. Nuove possibilità per lavorare, imparare e per gestire il tempo libero (2.3)

La fantascienza ci aveva abituati a storie imperniate sugli elaboratori; tutti ricordiamo Hal, il computer di *2001 - Odissea nello spazio*; è invece una novità trovarsi,

ormai sempre più di frequente, a leggere romanzi di successo calati nella nuova realtà della microelettronica e dei personal computer. È la manifestazione più evidente che ormai l'elaboratore è entrato nel costume e vive in un ambiente che determina emozioni, atteggiamenti e comportamenti trasmissibili, cioè universali.

The Soul of a New Machine, « l'anima, lo spirito, l'essenza di una nuova macchina », così si potrebbe tradurre il titolo originale di questo libro di Tracy Kidder pubblicato da Little Brown, uno dei più raffinati editori di Boston; è il primo dei due volumi che vogliamo segnalare a riprova del coinvolgimento di pubblico che gli elaboratori ormai possono determinare.

Uscito nel 1981, è subito entrato nella lista dei best-seller americani, in un momento in cui anche in quella editoria sembrava arduo creare dei successi. È stato accettato entusiasticamente da un pubblico che sembrava rifiutare la maggior parte delle opere di narrativa scritte secondo altre formule di sicuro esito in anni precedenti. Con quest'opera Kidder vinceva il premio Pulitzer per il 1982.

Il libro, di cui non vogliamo anticipare la trama, è in un certo senso un viaggio nell'anima di un personal computer che è poi l'anima delle persone che lo costruiscono; quindi l'elaboratore e la realtà che gli sta attorno, devono pur significare qualcosa se l'opera ha avuto un così largo riscontro nel pubblico e se la critica gli è stata così favorevole.

Il secondo romanzo che intendiamo ricordare è stato un successo editoriale anche in Italia. È di Michael Crichton, si intitola *Congo* e è pubblicato da Vallardi/Garzanti. Anche della trama di questo volume non vogliamo dire nulla; desideriamo solamente sottolineare che l'opera termina con una vera e propria bibliografia scientifica di tre pagine e mezzo e che anche l'editore italiano ha ritenuto di inserire nel testo le brevi comunicazioni che compaiono sullo schermo degli elaboratori (uno degli elementi principali della storia) fotografando l'output di una stampante. L'effetto grafico è in tutto simile a quello ottenuto in questo volume con le fotografie di programmi e di elabo-

razioni che riportiamo. Il fatto è molto significativo se se ne considera il risvolto semantico: nella cultura contemporanea quel tipo di messaggio non può essere reso se non in quella forma, altrimenti perderebbe molto del suo significato. Ci siano consentite ancora due annotazioni a proposito di *Congo*: la prima concerne il linguaggio, assai ricco di termini tecnici che riguardano gli elaboratori, la seconda è volta a segnalare come nel libro siano dati numerosi esempi di soluzione di problemi (*problem solving*) e di ricerca di soluzioni ottimali, secondo ipotesi determinate, che comportano certi limiti di rischio. Naturalmente nel volume il lettore non si trova di fronte all'aspetto teorico del *problem solving*, ma alla sua attuazione nella pratica. Proprio per questo motivo, ancora una volta abbiamo una testimonianza di come un ambiente narrativo possa essere universale e quindi comunicabile. Se ne deve trarre la conclusione che le conseguenze indotte dalle applicazioni dell'informatica sono ormai presenti nell'immaginario collettivo.

Intanto migliaia di persone ogni anno visitano a Ahwatukee, vicino a Phoenix nell'Arizona, la « Casa del futuro » (v. Fig. 14). Il progetto non è ardito solamente per le soluzioni architettoniche, ma soprattutto per quelle tecnologiche che comporta. Molte delle « funzioni » collegate al vivere in questa casa museo sono regolate da microprocessori prodotti dalla Motorola. Progettata da Charles Robert Schiffner della Frank Lloyd Wright Foundation, questa costruzione è ormai famosa quanto la storica « Casa sulla cascata » di Wright. In essa la climatizzazione degli ambienti, la regolazione delle luci, le serrature, il sistema di sicurezza collegato con le locali stazioni di polizia e dei vigili del fuoco, il sistema energetico, una banca dei dati della famiglia, sono regolati da microelaboratori.

Tutto ciò che è installato in questo centro di sperimentazione di architetture e di tecnologie, più che prototipo dell'abitazione del futuro, è reperibile sul mercato, così come tutto ciò che si riferisce alla tecnologia degli elaboratori e alle telecomunicazioni nei libri di Kidder e

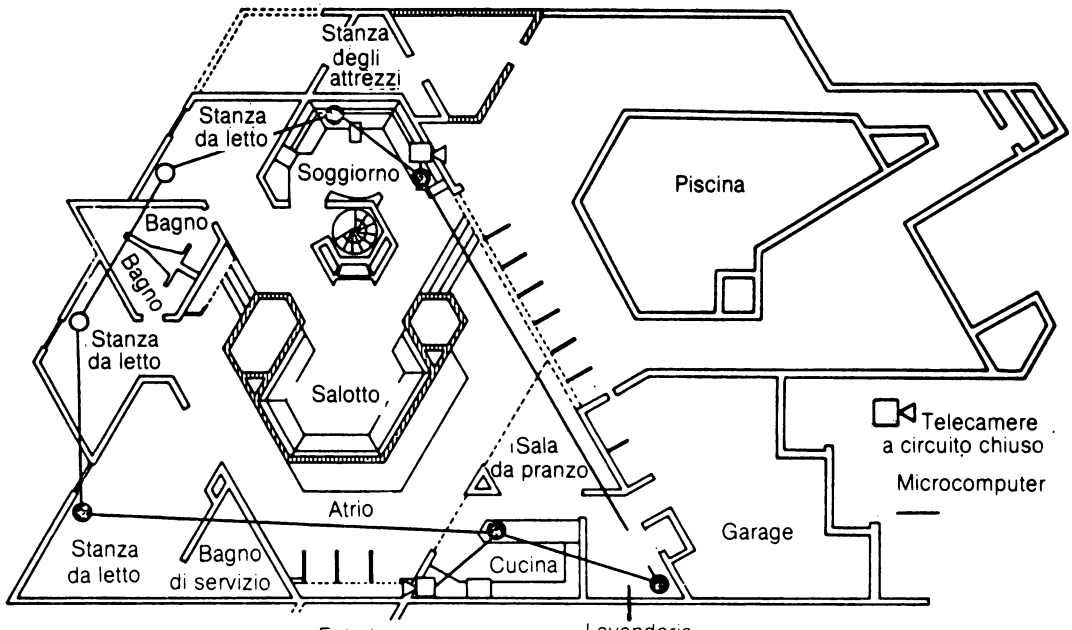

Stanza
degli
attrezzi
Stanza
da letto
Soggiorno
Piscina
Bagno
Bagno
Stanza
da letto
Salotto
Telecamere
a circuito chiuso
Sala
da pranzo
Microcomputer
Atrio
Garage
Stanza
da letto
Bagno
di servizio
Cucina
Entrata
Lavanderia

Fig. 14

di Crichton corrisponde allo stato dell'arte, e è attuabile. Una casa elettronica, non meno famosa di quella che abbiamo descritto, è stata costruita anche in Europa, a Rhode, un sobborgo di Bruxelles, dall'architetto francese Pierre Sarde, ma l'idea di porre un elaboratore personale al centro di un sistema abitativo, sociale e culturale è ormai una realtà anche nel nostro paese. Il laboratorio di quartiere definito dall'ingegnere barese Gianfranco Dioguardi e sperimentato a Otranto (Lecce) lo prevede espressamente. L'elaboratore è la memoria e il centro, è il principale punto di riferimento tecnico e si occupa della gestione economica del laboratorio di quartiere, segnala le necessità di manutenzione e autoregola il sistema come elemento intelligente all'interno del sistema stesso.

In queste applicazioni, ancora una volta, l'elaboratore si presenta come uno strumento, una macchina per fare qualche cosa, ma con ciò dà l'avvio a un processo di cui possiamo solamente intuire lo sviluppo: da strumento, in quanto esistono dei programmi algoritmi procedure per la « soluzione di problemi », l'elaboratore si trasforma in nuovo modo per pensare. Nella Fig. 15 si è data una rappresentazione grafica di alcune delle principali applicazioni del personal computer alla casa e al tempo libero. Nella parte sinistra abbiamo indicato le utilizzazioni già in atto e strumentali, nella parte destra quelle di applicazione meno immediata nel tempo.

Nella figura, a mano a mano che si procede dall'alto della pagina verso il basso, aumenta la rilevanza concettuale della applicazione e ci si rende conto di come l'elaboratore personale anche nella casa e nel tempo libero sia uno degli strumenti della rivoluzione dell'informazione che è alle porte. Può essere usato per programmare alcuni servizi: in primo luogo può assicurare la termoregolazione di ambienti, di un appartamento o di più appartamenti situati in più edifici. Interagisce con gli input che gli vengono dal mondo esterno variando la quantità di calore al mutare della temperatura esterna; può anche variare la temperatura in determinati ambienti e momenti della giornata secondo i desideri dell'utente. Il risultato

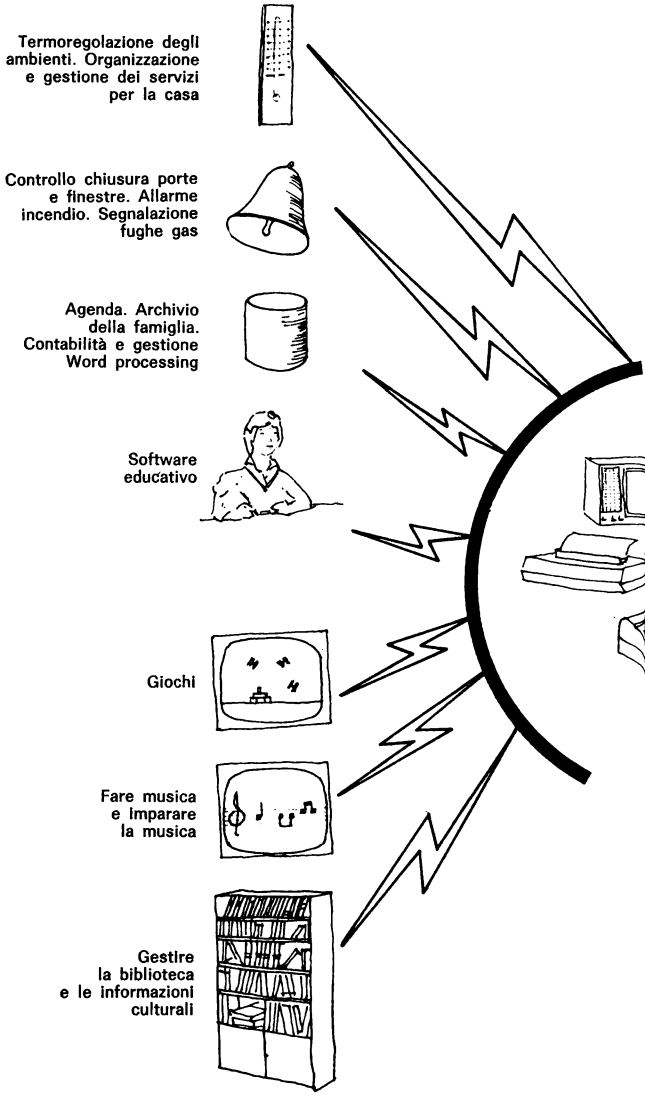
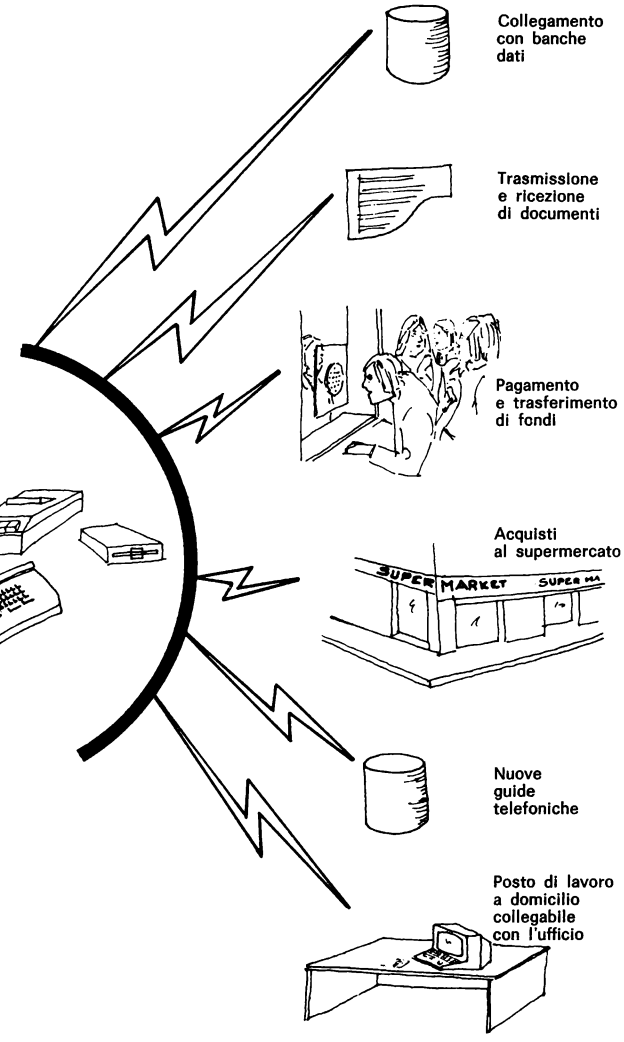

Termoregolazione degli ambienti. Organizzazione e gestione dei servizi per la casa
Controllo chiusura porte e finestre. Allarme incendio. Segnalazione fughe gas
Agenda. Archivio della famiglia. Contabilità e gestione Word processing
Software educativo
Giochi
Fare musica e imparare la musica
Gestire la biblioteca e le informazioni culturali

Fig. 15


Collegamento con banche dati
Trasmissione e ricezione di documenti
Pagamento e trasferimento di fondi
Acquisti al supermercato
SUPER MARKET
Nuove guide telefoniche
Posto di lavoro a domicilio collegabile con l'ufficio

è una migliore utilizzazione del combustibile e un notevole risparmio nei costi di gestione. Il costo di impianto del computer è ampiamente ammortizzabile in un breve periodo di tempo. Le riviste tecniche di elettronica e di computer portano numerosi esempi di applicazioni di personal alla termoregolazione degli ambienti e sono già disponibili anche dispositivi elettronici computerizzati, vere e proprie centraline, che svolgono questo compito. Uno di questi sistemi è il « Caldo Robot », creato dal Consorzio Sviluppo Elettronica e Automazione che riunisce 23 aziende piemontesi, già ampiamente sperimentato da più di due anni.

Mentre aumentano gli elettrodomestici, videoregistratori, lavatrici ecc. che hanno al loro interno un microprocessore, un piccolo elaboratore di processo nascosto, che consente un funzionamento intelligente della macchina eseguendo in modo ottimale il programma impostato a seconda degli input che vengono dati o dal programmatore o dalle condizioni di lavoro (ad esempio per la lavatrice tipo e quantità di biancheria da lavare), mentre si stanno quindi producendo elettrodomestici di nuova concezione, è possibile elaborare con un personal computer un software che li gestisca, o addirittura elaborare programmi per compiti domestici come innaffiare i fiori in terrazzo durante le assenze per le vacanze estive, dosando gli interventi a seconda delle precipitazioni e delle esigenze delle varie piante.

Per molte voci comprese nella parte sinistra della figura dovremmo ripetere cose dette già più volte nel volume; di altre come la musica, il software educativo, gli hobbies e i giochi diremo nel paragrafo che segue.

Prima di passare alla parte destra della figura parleremo del problema della gestione della biblioteca di casa.

Dal punto di vista tecnico è un problema di impostazione abbastanza semplice: si tratta della costruzione di un archivio, con le consuete regole della costruzione degli archivi. Ogni personal computer ha più di un programma per la costruzione e gestione di archivi, e se nessuno fosse soddisfacente non sarebbe difficile adattarlo alle varie esi-

genze dell'utente. Si potrebbe quindi impostare un indice per argomento, per materia o per parole chiave. Il vero problema per la gestione della biblioteca è un altro: è il tempo di immissione di dati. Supponiamo infatti che si disponga del programma e si voglia partire. Quanto tempo ci si mette a classificare ogni libro e dare l'informazione all'elaboratore? Diciamo cinque minuti per libro. In un'ora si potrebbero immettere i dati relativi a 12 libri: serviranno 100 ore per inputarne 1.200; ma una biblioteca di 1.000 volumi può forse essere ancora gestita manualmente, le difficoltà serie sorgono al di sopra di 1.000 volumi. È quindi un problema di tempo e di convenienza che va gestito caso per caso, a seconda della disponibilità o della voglia del proprietario della biblioteca.

Nella parte destra della figura abbiamo le applicazioni più avveniristiche. Anche questa volta non ci fermeremo a commentare tutte le possibilità elencate in quanto alcune sono molto chiare e di altre si è già parlato più volte nel corso del volume in connessione con certi sviluppi della telematica. Molti di questi servizi, infatti, possono esistere solamente in funzione di uno sviluppo delle telecomunicazioni.

Vogliamo in particolare segnalare che in futuro una buona parte del lavoro, che solitamente viene svolta in ufficio, potrà essere svolta da casa attraverso un elaboratore collegato con l'ufficio. Infatti molte attività, una volta ridotto l'output carta, ridotti gli archivi a un puro fatto di consultazione elettronica di dati posti su supporto magnetico, è indifferente che vengano svolte nella stanza accanto o a qualche chilometro di distanza (costi telefonici a parte). Le implicazioni economiche, sociali, politiche connesse alla istituzione di posti permanenti di lavoro a domicilio sono notevoli. Per i lavoratori, a fronte del beneficio che viene da un più assiduo contatto con la famiglia, ci sarebbe una diminuzione della socializzazione. Con la riduzione del fenomeno della pendolarità ci sarebbe un recupero per le attività del tempo libero, ma una minore aggregazione andrebbe sicuramente a scapito della protezione dei diritti del lavoratore. Per le aziende i vantaggi

sono evidenti e si traducono in una diminuzione dei costi connessi alla gestione e al mantenimento del posto di lavoro in coincidenza con una diminuzione dei costi della tecnologia che implica il lavoro a distanza.

Possibilità di formazione alternativa a quella istituzionale. Hobbies. Giochi (3.3)

Ormai si va in vacanza anche con l'informatica. Tutti ricordiamo il *Summer camp* dei Peanuts, i simpatici personaggi di Schultz. Charlie Brown periodicamente preparava il suo sacco e partiva per il campeggio estivo.

Anche questa istituzione americana è stata contagiata dai personal computer. Negli Stati Uniti si stanno moltiplicando i campeggi che offrono ai ragazzi oltre alle consuete possibilità di stare insieme, scoprire la natura, giocare a baseball, fare escursioni, anche la possibilità di imparare i linguaggi di programmazione e di esercitarsi con gli elaboratori personali. Il numero di maggio-giugno 1982 di « Electronic Learning », una rivista molto nota nel settore, dedicava la copertina al « Camp computer » e nelle pagine interne riportava l'elenco dettagliatissimo delle possibilità offerte da ben 50 corsi estivi tenuti in diversi stati americani. Questa moda sta contagiando l'Europa. In Inghilterra e in Italia è possibile imparare il BASIC quando si è in vacanza. Già dall'estate del 1981 il villaggio turistico del Club Méditerranée di Kamarina, in Sicilia, è attrezzato per offrire ai frequentatori, oltre ai corsi di vela, sci nautico e alle altre consuete attività sportive e di intrattenimento, anche una scuola di informatica. Entro il 1985 lo stesso Club Méditerranée attrezzerà in diversi posti del mondo quarantacinque villaggi in cui gli ospiti potranno imparare, divertendosi, a maneggiare gli elaboratori personali.

Anche se in Italia, al momento, la diffusione degli elaboratori per la casa, gli home computer, ha ancora caratteristiche contenute, nonostante la disponibilità all'acquisto rilevata dalle ricerche, è pur vero che ci sono segni

e sintomi che indicano come questo settore del mercato sia destinato ad avere uno sviluppo rapido in un prossimo futuro con tassi di incremento vicini a quelli del mercato americano, rispetto al quale il ritardo si riduce a un paio d'anni. Negli Stati Uniti si sta registrando una vera e propria esplosione di questo settore soprattutto per quanto concerne lo sviluppo delle applicazioni dei personal computer ai vari *hobbies*. Si può dire che non ci sia campo in cui qualcuno non abbia sviluppato qualche tipo di software particolare o qualche scheda elettronica che collegata a un personal ne moltiplichi le prestazioni. Una delle applicazioni più interessanti, che ha non trascurabili aspetti didattici, riguarda la possibilità di « fare musica » utilizzando un personal computer.

Molti personal e home computer possono scrivere semplici note e eseguirle; altra cosa è poter disporre di software sofisticato che consenta di comporre musica, di eseguirla o di impararla seguendo corsi in autoistruzione. Negli Stati Uniti si contano numerosi appassionati in questo settore e sono reperibili sul mercato numerosi dispositivi, come schede o tastiere a più ottave, che integrano le possibilità degli elaboratori e ne permettono il collegamento con sistemi ad alta fedeltà che riproducono il suono in stereofonia.

Questo campo sconfina nella composizione musicale mediante elaboratore, dove le possibilità sono ancora più interessanti di quelle consentite dagli strumenti tradizionali, poiché sono possibili sperimentazioni che vanno oltre la scala musicale abitualmente usata e fissata nel sistema temperato occidentale. Alla fine di settembre del 1982, in occasione della Biennale Musica a Venezia si è svolta la VI Conferenza Internazionale di Computer Music, un avvenimento di notevole rilievo, anche perché era la prima volta che la conferenza veniva ospitata in Europa. In una nutrita serie di interventi e di dibattiti di notevole interesse culturale sono state esplorate a fondo le possibilità e le tecniche di utilizzazione dell'elaboratore elettronico — anche quello personale — nel campo delle applicazioni musicali.

Continuiamo la nostra rassegna delle applicazioni degli elaboratori che hanno risvolti culturali, rassegna che non può che essere parziale per la grande versatilità degli elaboratori stessi. Rimaniamo sempre nel campo delle utilizzazioni più nobili e consideriamo quella che ha il suo limite superiore nella *Computer art*. Con l'elaboratore si possono elaborare immagini, disegni, ottenendo effetti plastici molto interessanti; è possibile attribuire colori, rielaborare la realtà o crearla. In campo professionale esistono « sintetizzatori di immagini », cioè elaboratori che permettono di creare, partendo da un progetto, immagini che non sono un calco della realtà come lo sono l'immagine fotografica, cinematografica o televisiva, ma qualcosa di diverso e di nuovo. Michael Crichton, l'autore di *Congo* già citato, ha realizzato nel 1981 un film di fantascienza intitolato *Looker* in cui si fa ampio ricorso a queste tecniche di elaborazione. In questo film è stato completamente digitalizzato un corpo umano. Il volto è quello dell'attrice Susan Dey, mentre il corpo è stato prestato da un'altra attrice non per ragioni estetiche, ma di costo (il tempo richiesto dal rilievo dei dati è stato lunghissimo e non si sarebbe potuto pagare per tanto tempo una attrice famosa a meno di non compromettere il budget del film). Come poi non ricordare il film di Michelangelo Antonioni, *Il mistero di Oberwald*, dove si è fatto ricorso a tecniche elettroniche di elaborazione per modificare i colori, così da usare il colore come specifico filmico? E *Tron*, una delle più impegnative produzioni della Walt Disney Production per il 1982? In questo film il giovane regista Lisberger lascia all'animazione prodotta dal computer un ruolo tanto determinante che si può dire si tratti di un film sul computer prodotto dal computer. Non solo in casa quindi, ma anche nelle attività del tempo libero e per il tempo libero il computer assume un ruolo sempre più importante. È l'inizio di un discorso culturale dalle prospettive non limitate.

E gli hobbies veri e propri? Anche in questo campo il limite è solo nella fantasia degli appassionati. Il computer per l'auto, il computer per la nautica, non sono

che esempi di nuove applicazioni. Anche i radioamatori possono avvantaggiarsi del possesso di un home computer. Oltre a assicurare stabilità nelle frequenze, l'elaboratore può permettere la decodificazione istantanea dei segnali morse e RTTY, cioè delle telescriventi (le agenzie di stampa ad esempio) e può far comparire istantaneamente i messaggi sul video o memorizzarli. Anche per questa applicazione esistono un software specifico e schede che consentono di interfacciare il computer con un ricevitore a onde corte. Infine quel sibilo misterioso che precede i giornali radio e televisivi, anche quello può essere letto da un personal computer; non è altro che un efficace modo elettronico per dire giorno e ora esatta, che compaiono prontamente sullo schermo se il computer viene collegato, attraverso una scheda, a un apparecchio radio o televisivo.

Visto che parliamo di *hobbies* accenniamo anche a uno del tutto particolare che si sviluppa proprio in relazione al software che viene messo in circolazione. Ci riferiamo alla pirateria del software.

Produrre software, un buon software è molto costoso e il software è una attività creativa che ormai è protetta con il copyright, come avviene per tutte le opere di carattere letterario e saggistico. Questa tendenza si è affermata di recente e ha prevalso su altre che assimilavano la protezione del software a quella delle invenzioni coperte da brevetto o marchio. Ogni produttore di software protegge il proprio prodotto in vari e complicati modi che sono volti a inibire che il programma sia leggibile o listabile, come si dice con termine tecnico. In qualche caso il produttore, pagando una licenza, riceve dal costruttore un programma che serve a questo scopo. Il risultato è un dischetto o un nastro che resiste ai tentativi di lettura. L'*hobby* consiste appunto nel rompere queste protezioni e far sì che il programma diventi leggibile. Negli Stati Uniti esistono veri e propri gruppi di pirati del software che praticano questo sport. I danni, anche se gravi, sono il più delle volte contenuti nel senso che violata la protezione, scoperto il segreto, tutto è finito e non si procede alla duplicazione illegale del programma se non

per poche copie. I produttori lo sanno e stabilendo il prezzo di vendita tengono conto anche di questa perdita. Ma esistono altre violazioni che costituiscono veri e propri reati gravi. Ci riferiamo al furto elettronico, un nuovo tipo di furto che non si compie con arnesi da scasso, o meglio nel quale i grimaldelli sono rappresentati da programmi elettronici che consentono al ladro di inserirsi in reti protette e distrarre fondi o informazioni. Esiste ormai una nutrita serie di casi di furti elettronici, perpetrati da gang organizzate, altri operati da solisti del computer, alcuni abilissimi, spesso dei ragazzini. Anche la criminalità cambia nella società dell'informazione.

Abbiamo lasciato per ultimi i giochi che sono a metà tra l'imparare divertendosi e il passatempo. La popolarità dei giochi elettronici è enorme. Tutto è cominciato a metà degli anni '70 con la comparsa di alcune scatolette che si collegavano al video a colori: si apriva la caccia all'orso elettronico o si iniziavano campionati familiari di minitennis da video. Il gioco degli scacchi, punto di partenza degli studi di Intelligenza Artificiale, con l'avvento della microelettronica diventava uno dei giochi elettronici più diffusi tanto che oggi non c'è che l'imbarazzo della scelta; ce ne sono per tutti i livelli, i prezzi oscillano tra qualche centinaio di migliaia di lire fino a poco più di un milione. Si organizzano anche gare e campionati tra macchine. Ma ciò che è più interessante è che a volte questi microelaboratori possono adeguare il loro comportamento alla capacità e abilità del giocatore che individua il proprio livello e passa al successivo solamente quando riesce a battere la macchina.

È proprio con il personal computer che i giochi assumono rilievo e aspetti di particolare importanza. Le possibilità diventano infinite, si possono anche inventare giochi nuovi che vengono subito messi in produzione perché in questo settore deve esserci un ricambio continuo; non mancano i casi di persone, spesso molto giovani, che si sono arricchite con i diritti ricavati da giochi di loro invenzione. Anche dal punto di vista dell'utilizzatore il problema si presenta con aspetti molto interessanti: per gio-

care bisogna risolvere dei problemi, bisogna elaborare strategie. In definitiva con il gioco è possibile migliorare intellettualmente.

Informazione cognitiva. L'elaboratore personale e le attività in casa e nel tempo libero. Ambiente di apprendimento (4.3)

In un certo senso il meccanismo che conduce alla informazione cognitiva e alla creazione di un ambiente che favorisce l'apprendimento è molto lineare: si acquista un elaboratore personale sotto la spinta di una motivazione qualsiasi o per dedicarlo a un qualsiasi compito applicativo in casa (ma ciò avviene anche nelle attività di lavoro o nella scuola); a mano a mano che si prende confidenza con la macchina si aumenta il numero delle applicazioni e dei compiti ai quali la si dedica. Si crea così un ambiente cognitivo imperniato sull'elaboratore. Si impara con l'elaboratore.

Non sempre l'iter raggiunge lo stadio finale, anche perché come abbiamo più volte sottolineato il processo non è automatico, ma dipende dalla cultura e dalla creatività dell'individuo, non dal computer, che è uno strumento; inoltre l'informatica non è una materia semplicissima, e soprattutto non esistono ancora manuali semplici e esaurienti dedicati ad essa o alle sue applicazioni. Anche i manuali dei costruttori sono troppo spesso sbrigativi e difficili e si dovrebbe fare uno sforzo per migliorarli.

Tuttavia chi acquista un personal computer deve essere consapevole delle possibilità che la macchina gli offre. All'ultimo stadio, quando attorno alla macchina si è creato un ambiente cognitivo, l'elaboratore diventa uno strumento per pensare.

Il numero degli elaboratori personali installati è ancora molto basso rispetto alla potenzialità del mercato e quindi alla utenza possibile. Quando l'elaboratore personale sarà più diffuso, e già negli Stati Uniti e in altri paesi europei si è raggiunto un notevole livello di diffu-

sione, allora il concetto di elaboratore come strumento per pensare si rivelerà in tutta la sua potenzialità. Dicendo ciò non vogliamo fare il canto della sirena, anzi abbiamo sempre cercato di mettere in luce le difficoltà e gli ostacoli che si frappongono al raggiungimento di uno stadio così avanzato di conoscenza.

È però certo che siamo le prime generazioni della società dell'informazione intesa come società postindustriale; a mano a mano che le generazioni si avvicendano constatiamo sbalorditi con quale disinvoltura i bambini riescono a impadronirsi del meccanismo di funzionamento e della logica degli elaboratori. Sempre più si perfezionano i linguaggi e gli strumenti dell'apprendimento. LOGO e SmallTalk sono due esempi probanti, e come ha affermato Seymour Papert non devono essere gli elaboratori a programmare i bambini, bensì i bambini a programmare gli elaboratori. Altri scienziati come il fisico e astronomo Robert Jastrow sottolineano già la potenzialità che può sviluppare questa nuova sorgente di intelligenza per l'uomo che è l'intelligenza al silicio degli elaboratori. Non per nulla l'edizione italiana del libro di Jastrow [2], una rassegna delle teorie evoluzioniste, è uscita con un sottotitolo che provocatoriamente proclamava: « ... E l'evoluzione creò l'intelligenza ». L'ambiente cognitivo che si può creare attorno all'elaboratore in casa è uno dei più produttivi e prolifici. Spesso il gioco e in particolare il gioco didattico ne è il propulsore.

Il gioco ha come obiettivo il raggiungimento di uno scopo, di un risultato, che è immediato. Dal punto di vista didattico ciò è importantissimo. In secondo luogo consente una interazione molto forte con la macchina e anche questo significa riflessione e ragionamento immediati. Ciò è più di quanto si possa ottenere con la lettura di un buon libro. Infine il gioco richiede la soluzione di problemi, sviluppo di processi di decisione, elaborazione di strategie. Spesso il gioco può sconfinare nella creatività e l'elaboratore personale la rende possibile.

[2] Robert Jastrow, *Il telaio incantato*, Mondadori, Milano 1982.

Parte terza

LA SCUOLA E GLI EDITORI

Capitolo primo

PORTARE L'ELABORATORE NELLA SCUOLA

Ancora un po' di storia

Le prime applicazioni degli elaboratori alla didattica, lo abbiamo ricordato nel primo capitolo, avvengono nella seconda metà degli anni '50, negli Stati Uniti. È difficile dire chi iniziò a studiare queste applicazioni dell'elaboratore, anche perché nascevano come estensione della utilizzazione di una macchina che si preannunciava molto versatile e si può dire che non ci fosse campo in cui non si tentasse, con vario esito, un nuovo impiego.

In quegli anni tutte le case costruttrici svilupparono programmi per l'istruzione e l'addestramento ai loro elaboratori proprio attraverso gli elaboratori stessi e anche nelle università, dove il computer era entrato per assolvere a compiti di ricerca scientifica e solo più tardi amministrativi, qualcuno cominciò a pensare che se ne poteva tentare l'uso nella didattica.

Alfred Bork dell'Università di Irvine in California, uno dei maggiori esperti statunitensi di istruzione assistita da elaboratore, ricorda [1] come a partire dal 1959 avesse iniziato una limitata sperimentazione didattica presso l'Università dell'Alaska su un IBM 1620, uno dei primi elaboratori che utilizzavano il FORTRAN. Qualche anno dopo, quando ormai aveva lasciato quell'università,

[1] Alfred Bork, 'Educational Technology Center at the University of California', in R. Lewis, E. D. Tragg, *Computer Assisted Learning*, IFIP, Heineman, Londra 1980.

al fine di raccogliere le idee attorno all'esperienza maturata, scrisse all'IBM per sapere chi stesse lavorando in quel campo. Gli risposero che non ne sapevano molto sull'impiego degli elaboratori nella didattica, ma che qualcuno in Alaska lo stava facendo. Questa sua testimonianza dà chiaramente il quadro di quei tempi, anche se oggi possiamo verificare che la sperimentazione era già diffusa soprattutto nelle università, e che proprio in quegli anni partirono i primi corsi assistiti da elaboratore per l'insegnamento della fisica e della chimica.

Il limite alle prime applicazioni e alla loro estensibilità risiedeva negli altissimi costi di elaborazione e nella rigidità d'uso della macchina che, mastodontica, consentiva un unico posto di lavoro. La svolta vera e propria avvenne solamente quando fu possibile l'utilizzazione dell'elaboratore in ripartizione di tempo (*time sharing*) e in multiprogrammazione, che consentivano di collegare a un unico elaboratore più terminali e di seguire dai diversi posti di lavoro i programmi della macchina. Sono questi gli elaboratori della seconda generazione e, come abbiamo già ricordato all'inizio del volume, a ogni passo evolutivo dell'hardware, da quel momento in poi, si ebbe un passo evolutivo anche nelle applicazioni dell'elaboratore alla didattica.

Molte università avviarono centri di studio per l'educazione assistita da elaboratore e ben presto si sviluppò in tutti gli Stati Uniti una sperimentazione che sfociava in corsi costruiti secondo le tecniche dell'istruzione programmata sviluppata da Skinner e da Crowder: l'elaboratore diventava la nuova *teaching machine*.

Del periodo in questione, che va dagli anni '60 alla metà degli anni '70, vogliamo ricordare, tra le tante, due applicazioni che ci sembrano particolarmente significative: il sistema PLATO di Donald Bitzer, sviluppato all'Università dell'Illinois, e il sistema TICCIT sviluppato da Victor Bunderson e John Valk all'Università Brigham Young nell'Utah. Inoltre non si può non menzionare l'importante lavoro teorico e applicativo svolto da Alfred Bork nell'ambito del progetto di insegnamento della fisica presso

l'Educational Technology Center dell'Università di California, a Irvine, e le opere e le attività di Patrick Suppes e di Richard Aktinson sviluppate presso l'Università di Stanford, sempre in California. In queste, come in molte altre università americane, si sviluppa una sperimentazione didattica, matrice di applicazioni più vaste al sistema scolastico e alla formazione che avviene in ambito aziendale, e che in tempi più recenti con i microelaboratori si estende anche alla formazione alternativa a domicilio.

PLATO è sicuramente il programma più importante e più articolato che sia stato realizzato. È stato ideato e sviluppato alla Università dell'Illinois con un contributo della National Science Foundation di 8,86 milioni di dollari. Una versione del PLATO IV è stata acquistata e commercializzata in tutto il mondo dalla Control Data Corporation. Per dare un'idea delle dimensioni di questo sistema basti dire che il catalogo generale comprende più di 7000 ore di programma in cui si articolano corsi che coprono moltissimi campi di formazione nei settori aeronautico, elettronico, dell'industria manifatturiera, petrolchimica, medico e sanitario, e universitario a tutti i livelli e in tutte le discipline. Nel mondo ci sono una ventina di grandi centri in cui si usa PLATO, operanti presso università, gestiti direttamente dalla Control Data Co. Quattro di questi sono in Europa.

Al centro di ogni sistema c'è un elaboratore di grandi capacità, il Cyber, al quale possono collegarsi fino a mille terminali alla volta. Il sistema PLATO quindi funziona a ripartizione di tempo (*time sharing*) e i terminali sono collegati attraverso linee telefoniche all'unità centrale. È questo il principale limite di PLATO: a fronte di una indiscutibile e valida mole di materiale didattico, il suo costo di gestione è elevatissimo e non è paragonabile con quello più contenuto consentito dai microelaboratori o elaboratori personali. Nel 1980 la Control Data Corporation ha annunciato uno sviluppo ulteriore del programma PLATO su microelaboratori, e sembra imminente la commercializzazione dei corsi e di questo hardware anche in Italia. Il PLATO ha un linguaggio per autori di

corsi che si chiama TUTOR e, altra innovazione interessante, utilizza per la didattica schermi al plasma di nuova concezione; inoltre al sistema possono essere collegati un riproduttore di dischi o proiettori.

Il TICCIT è un altro sistema didattico che si basa sull'uso dell'elaboratore a ripartizione di tempo. La sigla TICCIT lo conferma, in quanto è l'acronimo di Timeshared Interactive Community Controlled Information Television. Il progetto è il risultato della collaborazione tra la National Science Foundation e la Mitre Corporation. Poiché il sistema è stato finanziato dalla NSF, una organizzazione federale che vi ha investito più di 5 milioni e mezzo di dollari, il software negli USA è fornito gratuitamente ed è di dominio pubblico, mentre i terminali (un microelaboratore della Data General, tastiera e televisori in un numero massimo di 128) possono essere affittati. Il sistema funziona come il Videotex e cioè via cavo. Tra l'altro è opportuno ricordare che questo sistema fornisce anche corsi di istruzione e formazione a casa, per i portatori di handicap. Anche questo sistema come il PLATO consente ai docenti di costruire i propri programmi attraverso ben due linguaggi per autori di corsi, denominati APT e TAL.

Fino alla metà degli anni '70 il costo della educazione assistita da elaboratore, ancorché progressivamente decrescente, è stato comunque troppo elevato perché si potesse pensare a un suo uso generalizzato. Ciò era dovuto all'hardware di grandi dimensioni e poco diffuso e alla complessità della sua programmazione e utilizzazione che, come abbiamo ricordato, avveniva per lo più attraverso terminali che funzionavano a ripartizione di tempo. Con il che risultava difficoltosa la diffusione su vaste aree in quanto per un funzionamento costante si doveva contare su collegamenti telefonici stabili, e ciò non sempre era ed è possibile.

Per tutti questi motivi lo sviluppo delle tecniche di istruzione assistita da elaboratore e la loro utilizzazione sono avvenuti presso organismi della pubblica ammini-

strazione, come gli enti militari, le carceri, o presso grosse aziende.

Solamente a partire dalla metà degli anni '70 con la diffusione d'impiego dei microprocessori e con l'utilizzazione dei microelaboratori o personal computer e con il conseguente abbassamento del costo di memorizzazione delle informazioni, si sono create le premesse per un rovesciamento di questa situazione. Un notevole impulso al nuovo sviluppo che ne è conseguito è da porre in rapporto anche all'aumento dei costi della formazione di tipo tradizionale.

È in questo quadro che devono inserirsi molte delle iniziative e delle realizzazioni di cui abbiamo parlato nella seconda parte del volume, soprattutto quelle che si sono avute all'interno di programmi di ricerca nel campo dell'Intelligenza Artificiale, anche se alcune di esse, come quelle condotte dal MIT, datano da ben prima del 1975. È qui che si devono quindi collegare le più recenti applicazioni di linguaggi come LISP, LOGO FORTH e SmallTalk. È ancora in questo ambito che si devono porre altre iniziative, come quelle delle reti educative. Ne è un esempio la Edunet, una rete interuniversitaria statunitense che fornisce software didattico, materiale di ricerca e consulenza.

In questo volume gli accenni ai supporti didattici audiovisivi sono stati scarsi, in quanto ci siamo posti lo scopo di parlare unicamente delle applicazioni alla didattica dell'elaboratore preso a sé, e quindi abbiamo sottolineato soprattutto le possibilità in questo campo. Tuttavia a questo punto vale la pena di ricordare come l'elaboratore possa essere utilmente utilizzato nella didattica anche in congiunzione a mezzi audiovisivi. Già questo avviene con i sistemi PLATO e TICCIT che abbiamo citati, e lo sviluppo sarà ancora maggiore con altre applicazioni telematiche.

Ma una delle integrazioni più promettenti tra elaboratore e immagine sembra essere quella che si può ottenere collegando un microelaboratore a un riproduttore di

videodisco. Il videodisco rassomiglia a un qualsiasi 33 giri salvo che a volte ha la lucentezza e la riflessione della superficie a specchio. Vi possono essere immagazzinate immagini in numero molto elevato (60.000, 100.000 e più) che possono essere utilizzate in sequenza o singolarmente. Ogni immagine, che è di qualità superiore a quella consentita dalle videocassette, può essere istantaneamente recuperata in qualsiasi ordine e in qualsiasi punto del disco essa si collochi. Ciò significa che si può passare istantaneamente, ad esempio, dall'immagine 24.328 all'immagine 54.424 per ritornare subito all'immagine 1.328. Ci sono vari tipi e vari sistemi di videodisco che si possono far risalire sostanzialmente a quattro stipiti: il sistema di lettura laser della Philips o Laservision; il sistema RCA a puntina; il VHD (*Video High Density*) sviluppato dalla giapponese JVC; il sistema Thompson, CSF sviluppato in Francia.

Collegando un computer a un riproduttore di immagini, dal videodisco si può sviluppare un programma didattico che ha prospettive molto interessanti nel senso che congiunge le capacità di elaborazione del computer con l'immagine che può essere reperita istantaneamente dal videodisco. Un videoregistratore non permette un risultato altrettanto efficace in quanto, a parte la qualità dell'immagine che è inferiore, la videocassetta deve essere letta in sequenza e non c'è quindi la possibilità di andare avanti e indietro, con rapidità e a seconda delle necessità didattiche che lo sviluppo del corso richiede. Il videodisco può riassumere la qualità e la funzionalità di una tecnica didattica molto avanzata. Al momento non sono molto numerosi gli esempi di videodisco utilizzati a scopi didattici, anche in collegamento con l'elaboratore; infatti, a causa dei costi di produzione del videodisco che sono elevati, e in ragione della scarsa diffusione degli apparecchi riproduttori, queste applicazioni sono limitate al campo della formazione aziendale.

Ritornando al problema dello sviluppo storico delle applicazioni dell'elaboratore alla didattica, bisogna fare cenno alla formazione, alternativa a quella istituzionale

o sul posto di lavoro, che può avvenire a domicilio. È in questo ultimo campo che stanno avvenendo, negli Stati Uniti, i mutamenti più sorprendenti. Gli appassionati di informatica, i genitori per i loro figli, e altri con le motivazioni più diverse acquistano personal o home computer che alimentano con i programmi più disparati. Ne consegue che la disseminazione del materiale didattico messo a disposizione attraverso i canali della grande distribuzione portano l'informatica e la conoscenza delle materie più diverse a un livello di diffusione quale non si è mai dato prima nella storia dell'educazione. Negli Stati Uniti la seconda alfabetizzazione, quella dell'informatica, richiesta dalla nuova società post-industriale basata sull'informazione, comincia a essere una realtà.

E negli altri paesi? In molti la sperimentazione delle applicazioni degli elaboratori alla didattica è avanzata; dovunque. Tranne che in Giappone, si ripercorrono le tappe evolutive della esperienza statunitense, con connotazioni diverse di carattere amministrativo connesse al sistema educativo vigente e alla sua normativa. Vediamo di farne una breve rassegna non trascurando da ultimo l'esperienza maturata in questo campo in Italia.

Data la vicinanza degli Stati Uniti, l'esperienza canadese è molto simile a quella statunitense. Anche in Canada la diffusione delle applicazioni dell'elaboratore alla didattica deve molto all'intenso lavoro di studio e alle prime realizzazioni compiute nelle università, in particolare in quelle di Calgary, di Alberta e del Manitoba. Un ruolo propulsore fondamentale è stato poi svolto dal National Research Council che ha finanziato e sostenuto la maggior parte delle ricerche. In generale la situazione di sviluppo delle tecniche didattiche attraverso elaboratore è molto avanzata e c'è una certa disponibilità da parte della popolazione a utilizzare le nuove tecnologie educative anche nel campo della formazione permanente. La sperimentazione di LOGO infine è diffusa. La caratteristica più interessante di quest'area è data dalla compresenza della lingua inglese e della lingua francese.

Abbiamo detto che l'esperienza giapponese ha carat-

teristiche peculiari rispetto alle altre che esamineremo. Infatti in Giappone, paese dell'elettronica, l'elaboratore personale ha un'importanza relativa in un quadro in cui la diffusione della cultura, l'abitudine alla formazione permanente sono già molto diffusi nella società. In Giappone poi si tende programmaticamente alla costruzione di quella società dell'informazione intesa come società post-industriale che più volte abbiamo preso in considerazione in questo volume. Nel 1972 una organizzazione senza scopo di lucro, il Japan Computer Usage Development Institute ha presentato al governo un piano denominato The Plan for Information Society - A National Goal Toward the Year 2000.

In questo piano per la parte destinata alle applicazioni dell'elaboratore alla didattica era stato previsto un investimento fino al 1980 di una somma pari a circa 300 miliardi di lire, ma nel restante arco di anni che va dal 1980 al 1995 questa cifra deve salire a 40.000 miliardi, pari a più della metà dell'investimento totale del piano.

Le opinioni sulla realizzazione del piano non sono concordi e molti sostengono che in realtà non procede con la velocità prevista; rimane tuttavia il fatto che il Giappone è uno dei paesi più avanzati sulla strada della informatizzazione di massa. Di certo è il paese in cui più si investe in formazione permanente, che avviene sul posto di lavoro, e che arriva sino a occupare il 20 per cento del tempo di lavoro. Il Giappone poi è uno dei paesi in cui l'istruzione di base fa più uso di sistemi audiovisivi.

Passiamo ora all'Europa per esaminare tre realtà a noi vicine geograficamente, ma non altrettanto dal punto di vista delle realizzazioni in questo campo.

In Inghilterra, circa la metà degli studenti può accedere a conoscenze di informatica. Ciò è stato ottenuto grazie a un notevole sforzo compiuto dal governo per la diffusione dell'informatica nella scuola anche con l'introduzione di microelaboratori. Ricordiamo che nel Regno Unito il sistema educativo è decentralizzato e opera sotto la responsabilità delle autorità locali, mentre le autorità

centrali hanno solamente funzioni di coordinamento. Quindi gli insegnanti hanno ampia possibilità di organizzare corsi anche con materiale didattico di loro produzione o reperito autonomamente. È così che i costruttori di elaboratori hanno elaborato software didattico largamente impiegato nella scuola.

Il decollo della applicazione degli elaboratori alla didattica è stato assicurato a livello nazionale fin dal 1973 quando Margaret Thatcher, allora Segretario di Stato per l'Educazione, approvò un piano denominato National Development Programme in Computer Assisted Learning. Subito operativo, il programma è stato rinforzato nel 1980 quando il governo ha lanciato un nuovo programma che si basa su supporti che vengono anche dal ministero dell'Industria. Questo nuovo piano, esteso anche alla scuola elementare, prevede lo sviluppo di ulteriori programmi per la diffusione dell'educazione assistita da elaboratore, con un investimento di nove milioni di sterline relativamente all'Inghilterra, al Galles e all'Irlanda del Nord. Ciò ha permesso un rapido sviluppo dei programmi di software educativo, che sono stati realizzati a vari livelli. Per il 1984 è prevista l'estensione del piano alla scuola elementare. Come è già accaduto negli Stati Uniti, anche in Inghilterra gli editori stanno intervenendo in questo settore con la produzione di testi tradizionali nel campo dell'informatica e dell'insegnamento attraverso l'elaboratore, e con la produzione e commercializzazione, più specifica, di software didattico. Inoltre la cultura dell'informatica è sostenuta e diffusa da organizzazioni come la Open University e dalla BBC. Il settore educativo della BBC è entrato direttamente in campo promuovendo una trasmissione televisiva in dieci puntate di 25 minuti che è andata in onda a partire dal febbraio 1982 e che si basava su un programma didattico articolato che utilizza un elaboratore con marchio BBC costruito dalla ACORN Computer (da alcuni anni la ACORN produce anche un home computer che ha una buona diffusione e che si chiama ATOM).

Nella Repubblica Federale Tedesca il sistema didat-

tico è fortemente decentrato e la scelta delle materie di insegnamento è di pertinenza dei Länder. È quindi molto difficile riassumere la situazione tedesca circa la diffusione dei programmi di insegnamento dell'informatica e la diffusione delle tecniche di istruzione assistita da elaboratore. Anche qui comunque le scuole godono di finanziamenti, finalizzati all'insegnamento dell'informatica, sia centrali sia locali. Questi finanziamenti più di recente si estendono anche alla applicazione degli elaboratori alla didattica. A grandi linee si può dire che l'insegnamento dell'informatica sia diffuso come insegnamento di materia tecnica, quindi di materia che entra in specifici corsi tecnici.

Si ha notizia di una larga sperimentazione di microelaboratori per uso didattico, mentre i costruttori di elaboratori sono impegnati sul doppio versante della progettazione di elaboratori per le scuole e per la gestione integrata delle scuole. Lo si è potuto riscontrare nelle recenti edizioni della Didakta, una importante manifestazione fieristica internazionale dedicata, come dice il nome, al materiale didattico, che nel 1981 si è tenuta a Basilea e nel 1982 a Hannover.

Mentre i sistemi educativi inglese e tedesco sono decentrati e l'insegnante gode di molta autonomia nella realizzazione dei programmi e nella utilizzazione del materiale didattico, il sistema francese è molto accentrato e gerarchizzato. Tutti gli insegnanti dalla scuola materna all'università sono impiegati dello stato e, come avviene anche in Italia, i piani di studio sono rigidamente prefissati.

La Francia è stato il primo paese europeo a introdurre nel proprio insegnamento scolastico l'elaboratore come strumento didattico. Infatti fin dal 1970 è partita una sperimentazione che ha coinvolto le scuole superiori, e lo stato ha varato in concomitanza un programma di formazione di insegnanti che prevedeva l'addestramento di 100 di loro presso istituti universitari, per il periodo di un anno. Nella parte finale di questo periodo ognuno di loro doveva sviluppare un progetto didattico che pre-

vedeva l'uso dell'elaboratore nella propria materia di insegnamento. Sempre al 1970 risale un'altra importante iniziativa intesa ad aumentare il numero di insegnanti con conoscenze nel campo dell'informatica. Il ministero dell'Educazione organizzò un corso per corrispondenza che prevedeva l'invio di una dispensa settimanale. Ogni dispensa conteneva, oltre la parte teorica, gli esercizi che dovevano essere rispediti al centro per la correzione. Alla fine del corso gli insegnanti che vi avevano partecipato frequentavano un seminario di tre giorni, e avevano quindi occasione di lavorare con l'elaboratore e discutere i contenuti del programma di insegnamento.

Venne anche studiato un linguaggio che usava la lingua francese come base e che era il linguaggio comune della sperimentazione. Il linguaggio, denominato LSE (l'acronimo è ottenuto con le iniziali di Langage Symbolique d'Enseignement) fu sviluppato dall'Ecole Supérieure d'Electricité per il sistema CII, Mitra 15, scelto per l'esperimento, che funzionava a ripartizione di tempo.

Tra il 1971 e il 1976 è stata sviluppata una notevole mole di materiale didattico nelle 58 scuole secondarie nelle quali sono stati collocati gli elaboratori. Secondo un rapporto per l'INRP redatto da Christian Lafond e Pierre Muller in quelle scuole 90.000 allievi hanno potuto accedere all'aula degli elaboratori, e per dieci anni (1970/1980) i centri hanno funzionato mediamente per 32 ore la settimana.

Dopo il 1976, in seguito alle innovazioni apportate dai microelaboratori, apparve chiaro che non era più il caso di continuare a utilizzare sistemi che datavano dal 1971. Nel 1979 il ministero dell'Educazione e quello dell'Industria si impegnarono in uno sforzo notevole volto a portare 10.000 microelaboratori nelle scuole francesi entro il 1985. Oggi questo programma è ben avviato e si calcola che sono stati istallati circa 3.000 microelaboratori. Questa esperienza si colloca a fianco della precedente che vedeva l'utilizzazione di sistemi a ripartizione di tempo. Proprio perché la precedente esperienza non vada perduta e quindi possano utilizzarsi i circa 500 pro-

grammi elaborati dagli insegnanti francesi l'LSE è diventato un linguaggio standard. Anche se 10.000 elaboratori nel 1985, supponendo costante il numero degli studenti tra gli 11 e i 18 anni, sono ancora pochi per dire che il problema della introduzione dell'elaboratore nella scuola è stato risolto, ciò non toglie che l'esperimento francese sia uno dei più significativi condotti nel mondo in questo campo.

E in Italia?

A che punto è nel nostro paese la ricerca nel campo delle applicazioni dell'elaboratore alla didattica? Non siamo agli ultimi posti nel mondo, ma non siamo di certo ai primi. Mentre ci sono interessanti ricerche e centri che operano nel campo delle applicazioni degli elaboratori alla didattica, è assente il concorso pubblico al loro sviluppo in larga scala.

La ricerca è avvenuta in modo discreto, all'interno delle università, e senza quegli ingenti aiuti che ha ottenuto in altri paesi. Come è possibile tracciare la mappa di questi interventi di studio? Un modo abbastanza certo è quello di consultare gli atti dei convegni internazionali dedicati alle applicazioni degli elaboratori alla didattica e misurare il peso e il significato della nostra presenza nel quadro dello sviluppo mondiale del problema.

A questi appuntamenti vogliamo rimandare il lettore desideroso di approfondire l'argomento, e precisamente agli atti della International Federation of Information Processing (IFIP) Technical Committee N. 3 Working Conference on Computer Assisted Learning, tenutasi dal 3 al 7 settembre 1979 a Roehampton, in Inghilterra e agli atti della prima, seconda e terza World Conference on Computer in Education tenutesi a Amsterdam nel 1970, a Marsiglia nel 1975 e a Losanna nel 1981, organizzate sempre dal Technical Committee N. 3 dell'IFIP.

Un altro punto di riferimento è dato dagli atti del congresso annuale dell'AICA, Associazione Italiana per il

Calcolo Automatico, tenutosi a Pavia il 23 e 25 settembre 1981, nel quale si fa il punto generale sullo stato dell'arte dell'informatica italiana e dove quindi è compresa anche la situazione dell'educazione assistita dall'elaboratore. Anzi questo documento rappresenta certamente un punto di sintesi e di confronto determinante. Come scrive Alfio Andronico nel saggio *Applicazione degli elaboratori alla didattica nella scuola secondaria in Italia e all'estero* compreso in un supplemento agli atti del convegno:

> Verso la fine degli anni '60 in Italia si sono costituiti gruppi di lavoro nel settore CAI soprattutto a Genova, Pisa, Roma e Bari e numerosi sono stati negli anni '70 i convegni anche internazionali tenuti in Italia nel settore. L'attenzione era rivolta soprattutto allo studio dei progetti per l'università (primo biennio di Fisica, Matematica, Ingegneria, Scienze dell'Informazione) per gli insegnamenti di Algebra, Analisi, Geometria, Fisica. Pisa forse è stata l'unica che in quegli anni ha dedicato molto alla scuola primaria e secondaria ma più nel settore della istruzione programmata che nelle applicazioni degli elaboratori alla didattica. Per quest'ultima solo alcune applicazioni nel settore giochi e geometria. Un grosso sforzo è stato compiuto per riuscire a trovare una via di coordinamento di queste attività, ma non si è mai avuto la forza di portarle avanti. Contemporaneamente nuovi gruppi nascevano a Pavia, Milano, Napoli, Bergamo, Torino, Trieste e anche presso alcune industrie come la FIAT e altre per problemi di uso del CAI, nella formazione professionale.

L'intervento pubblico nella scuola per agevolare lo sviluppo delle applicazioni degli elaboratori alla didattica è stato scarno, anche se in tempi recenti si è notato un certo fermento di interesse che sembra debba sfociare nel corso del 1983 in iniziative di studio. Comunque a parte l'intervento del ministero della Pubblica Istruzione per la costituzione del Centro multimediale di Villa Falconieri a Frascati, e quello del Consiglio Nazionale delle Ricerche negli istituti IEI di Pisa e IAC di Roma e con la creazione di laboratori a Pavia (Laboratorio di analisi numerica), a Genova (Istituto di tecnologie didattiche e

Istituto per la matematica applicata), le attività di ricerca sono state condotte dall'Istituto di cibernetica dell'Università di Milano, dalla facoltà di Scienze dell'Università di Napoli, dal Centro linguistico interfacoltà di Torino, dall'Istituto di Scienze dell'Informazione dell'Università di Bari, dal Politecnico di Torino ecc.

Questo per quanto riguarda la ricerca e sperimentazione nel campo delle applicazioni degli elaboratori alla didattica; se si esamina invece il problema dal punto di vista dell'insegnamento dell'informatica, i corsi di laurea in Scienze dell'Informazione sono a Pisa, Torino, Bari, Salerno, Udine, Milano (Università Statale), e sono frequentati da circa 9.000 studenti. L'insegnamento dell'informatica è presente nei Politecnici, nelle facoltà di Economia e Commercio, ma si stempera a mano a mano che le università sono meno importanti. In qualche caso non è nemmeno previsto dai piani di studio e allora il suo insegnamento viene camuffato con i nomi più strani. Comunque si può dire che nelle università italiane la formazione all'informatica non è abbastanza diffusa, mentre è quasi del tutto assente l'informatica per la formazione, almeno come l'abbiamo intesa nel presente volume.

Anche nella scuola media superiore, comprendendo nell'analisi anche il progetto di riforma, si privilegia un insegnamento dell'informatica per alcuni indirizzi, mentre è assente una politica di sostegno alle applicazioni dell'elaboratore alla didattica che, come abbiamo visto, nel Regno Unito e in Francia, ma anche in altri stati dell'Europa occidentale, è stato scelto come programma prioritario dagli organi preposti alla Pubblica Istruzione, in collaborazione spesso con il ministero dell'Industria.

In questa situazione l'elaboratore entra nella scuola ugualmente, sotto la spinta di presidi o docenti particolarmente versati o per la volontà di gruppi di genitori particolarmente sensibili al problema. Quanti sono gli elaboratori installati nelle scuole italiane? Abbiamo provato a chiederlo ai costruttori, che dovrebbero saperlo dal momento che, per quanto riguarda i grandi elaboratori, possono controllare i contratti di manutenzione, e

per i più piccoli possono verificarlo dai ritorni delle schede di garanzia. Si arriva a una cifra che si avvicina a 3.000 elaboratori installati. Ma quanti di questi sono impiegati per usi didattici e quanti sono adibiti a usi amministrativi? Difficile dirlo.

Tra i compiti della struttura educativa c'è anzitutto quello di farsi carico della necessità di conoscenze che riguardano l'elaboratore. Mai nella storia dell'insegnamento nell'età moderna ci si è trovati di fronte a un impegno così arduo e così nuovo: introdurre accanto alle discipline tradizionali una nuova disciplina sapendo che essa comporterà enormi cambiamenti nella società. Favorire le applicazioni dell'elaboratore alla didattica in tutte le materie, ecco l'altro compito.

Siamo appena agli inizi di questo enorme sforzo. Per ora nel nostro paese un maggior grado di sensibilizzazione si avverte nei settori privati che si occupano di formazione. Qui una lunga consuetudine di studio dei problemi della didattica collegati alle tecniche e alla tecnologia, una maggior preparazione di base in campo tecnologico, la convivenza con le applicazioni aziendali dell'informatica, ma soprattutto la permeabilità e la predisposizione allo scambio di esperienze con paesi più avanzati in questo campo, hanno fatto sì che le metodologie didattiche collegate all'informatica fossero studiate e sperimentate. Al punto che oggi sia i problemi collegati all'hardware, sia ancor più quelli collegati al software, sono stati analizzati, assimilati e applicati già con qualche successo.

Le resistenze opposte dalla tradizione

I sostenitori della tradizione didattica del buon tempo antico sono anche i più accaniti oppositori dell'introduzione dell'elaboratore nella scuola, e quindi delle sue applicazioni alla didattica. Essi argomentano le loro posizioni affermando che la conoscenza e l'apprendimento, ad esempio della matematica, non possono avvenire al di fuori del metodo tradizionale. In assoluto non hanno né

ragione né torto: si può imparare la matematica anche usando carta e penna, tuttavia il punto centrale del problema è dato dal fatto che oggi sono disponibili tecniche didattiche ben più efficaci. La stessa tecnica di eseguire i calcoli con la carta e la penna, nella pratica di lavoro, è ormai superata da un centinaio di anni, da quando le macchine da calcolo meccaniche si sono imposte laddove era richiesta l'esecuzione di calcoli molto complessi o molto ponderosi. Fortunatamente anche nella scuola, da qualche anno, le posizioni di coloro che sostengono la didattica del buon tempo antico stanno perdendo di consistenza, grazie anche alla diffusione della calcolatrice elettronica tascabile o dei piccoli calcolatori programmabili che, se ben conosciuti, possono rivelarsi uno strumento straordinario di apprendimento, non solo delle matematiche ma anche di tutte le discipline scientifiche.

Carta e penna andrebbero sostituite non appena l'allievo abbia acquisito la consapevolezza del significato del

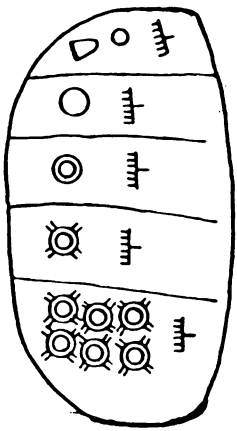


Fig. 16. Una faccia della tavoletta dello scriba di Kiš, sulla quale è esposto il problema matematico.

calcolo che sta compiendo. È inutile insistere sadicamente nel far eseguire agli allievi calcoli sempre più complessi. Bisogna fermarsi e sottolinearne il significato. L'aveva già capito un oscuro docente dell'antichità, uno scriba mesopotamico vissuto nel terzo millennio a. C. Lo testimonia una tavoletta d'argilla di forma rotondeggiante, allungata, conosciuta con la sigla TM.7S.G.1963. Riportiamo il disegno di una sua faccia nella Fig. 16.

TM sta per Tell Mardik, il nome della collina che nascondeva Ebla, la città che ha dominato il Vicino Oriente Antico, dove la tavoletta venne trovata nel 1975. Giovanni Pettinato, che è il decrittatore dell'immenso patrimonio di testi scritti nell'argilla rinvenuti a Ebla, dice del testo contenuto in questa tavoletta: « È talmente bello, anche se difficile, che mi sembra opportuno farlo conoscere integralmente, si tratta di una sequenza di numeri che costituiscono un problema matematico... »[2].

Faccia n. 1 (*recto*)	
1) 600 gal	600 grande
2) 3600 gal	3600 grande
3) 36.000 gal	36.000 grande
4) 360.000 gal	360.000 grande
5) 360.000×6 gal	360.000×6 grande
nu - da - šid	non svolto;
Faccia n. 2 (*verso*)	
1) ki - gar	problema
2) dub - sar	dello scriba
3) kiš^{kl}	di Kiš,
4) *iš-má-ìa*	Išma-la.

Che cosa veniva chiesto agli allievi? « Ci sembra evidente che la richiesta dovesse essere il " completamento " della tavoletta, scrivendo, a seguito dei cinque ideogrammi GAL una seconda colonna di simboli numerici. Naturalmente dicendo ' completamento ' noi non intendiamo che gli allievi dovessero scrivere, materialmente sulla stessa,

[2] Giovanni Pettinato, *Ebla*, Mondadori, Milano 1979, pp. 258-9.

i risultati richiesti. Pensiamo invece che il maestro, dopo aver scritto la tavoletta *quale noi oggi la possediamo*, l'abbia fatta girare tra gli allievi invitandoli a scrivere i nuovi simboli sui loro " quaderni ", quindi sulle loro tavolette »[3]. I ragazzi di quel tempo dovevano risolvere un problema logico, non dovevano fare fatica per compiere meccanicamente dei calcoli.

Se poi pensiamo che oggi, nel pieno fiorire della didattica della carta e della penna, non è nemmeno vero che in tutto il mondo i calcoli si eseguono allo stesso modo, perché ci sono dei mezzi più rapidi e più funzionali di quelli consentiti dalla tecnica della carta e della penna, allora ci convinciamo ancora di più del beneficio che se ne avrebbe eliminandola per tutti quegli aspetti in cui non risulta necessaria. In Cina a partire dal XIII secolo, in Giappone da poco dopo, e in una buona parte del mondo orientale, fino e oltre gli Urali, si usa l'abaco. Esso è talmente diffuso e efficace da poter consentire a utilizzatori esperti di competere persino con le calcolatrici elettroniche.

Si può portare ancora un altro esempio. Nel mondo occidentale, appena qualche anno fa, era molto diffuso l'impiego del regolo calcolatore. Il regolo stava ai tecnici come lo stetoscopio sta ai medici. Diventato forse anche un simbolo, il regolo, inventato nel 1600, ha dovuto la sua fortuna al fatto di essere stato uno dei primi strumenti di calcolo portatili. La sua grande diffusione si ebbe infatti con lo sviluppo industriale. Era uno strumento del quale i tecnici dislocati negli impianti o nei cantieri non potevano fare a meno. Veniva impiegato per fare moltiplicazioni, divisioni, quadrati e cubi di numeri, estrazioni di radici, ecc. Esistevano regoli molto perfezionati per eseguire calcoli di precisione in meccanica, topografia, elettronica, edilizia, chimica, ecc.

A dieci anni dalla comparsa delle macchine calcolatrici elettroniche tascabili il regolo calcolatore, introdotto

[3] Giovanni Pettinato, *Testi lessicali monolingui* della biblioteca L. 2769 Istituto Universitario Orientale di Napoli, 1981.

in Italia da Quintino Sella, come curiosamente ricorda l'*Enciclopedia Italiana*, non si usa più. In commercio se ne trova ancora qualche esemplare, che viene venduto agli appassionati in cerca di ricordi.

Nonostante quanto si è detto, nella scuola i mezzi di calcolo elettronico hanno ancora degli oppositori che contrastano, con motivazioni più complesse, anche l'elaboratore elettronico. Ma in definitiva i sostenitori dei metodi del buon tempo antico lodano la tecnica di calcolo che si basa sull'uso della carta e della penna senza rendersi conto che non forniscono parametri per valutarla. L'unico argomento a sostegno finisce per essere: « va bene così perché si è sempre fatto così ».

Lo sforzo che questi insegnanti devono compiere è di comprendere come la debolezza del metodo da loro difeso consista nel richiedere all'allievo di concentrare la propria attenzione su due aspetti nello stesso tempo: la logica del calcolo e la sua esecuzione. L'allievo volge la sua attenzione soprattutto all'esecuzione del calcolo, che costa fatica, e perde di vista il suo significato logico. Se la stessa operazione venisse compiuta con una calcolatrice elettronica tascabile l'allievo sarebbe liberato dalla fatica del calcolo e potrebbe più efficacemente concentrarsi sulla logica ad esso relativa. Ne conseguirebbe un maggiore apprendimento.

La stessa cosa si può dire avvenga per l'elaboratore elettronico, applicato alla didattica della matematica. Anzi in questo caso l'effetto viene amplificato. Si consideri a riprova di ciò un esempio classico: lo studio di funzione. Generazioni di studenti hanno investito quantità incredibili di tempo nel tracciare grafici di funzione che si eseguivano in quel modo solo perché la rappresentazione avveniva su un foglio e con una matita o una penna. Il tempo scorreva calcolando massimi, minimi, limiti ecc., ma soprattutto la laboriosità del calcolo distraeva lo studente dal significato dell'operazione. Un elaboratore può eseguire in brevissimo tempo, moltiplicando l'effetto didattico, lo stesso calcolo e la sua rappresentazione grafica su di uno schermo. In pochi secondi appaiono gli

andamenti delle funzioni più complesse; è l'allievo che questa volta può sbizzarrirsi a mutare la funzione cambiandone i parametri, a moltiplicare dividere aggiungere o sottrarre costanti; a moltiplicare dividere aggiungere o sottrarre le variabili. La funzione prende vita sullo schermo consentendo all'allievo di compiere rapidamente confronti rispetto ai cambiamenti operati. Liberato dalla fatica del calcolo, lo studente può concentrarsi sulla logica del problema e, guadagnando tempo, comprende meglio il meccanismo sul quale interviene.

Massimi, minimi, flessi, campi di variabilità, le derivate prime e successive, gli integrali, perdono il mito della difficoltà e non incutono terrore. Nello studente non si creano blocchi e l'apprendimento procede speditamente verso settori e zone che il metodo tradizionale, basato sulla carta e sulla penna, non consente di esplorare.

Vediamo qui di seguito qualche esempio di studio di funzione. Riprendiamo il programma che abbiamo utilizzato nel capitolo secondo per dare la rappresentazione grafica della funzione $y = \sin(1/x)$ e utilizziamolo questa volta per rappresentare la funzione $y = \sin(x)/x$ che è simmetrica rispetto all'asse delle y e si presta molto bene per l'illustrazione dell'andamento delle derivate e dell'integrale indefinito.

Sullo schermo, una volta inserita la funzione nella riga 100 (ecco il significato di quel misterioso 100 che compare nella prima riga) si presenta questa successione di richieste:

```
100 Y =  SIN (X) / X
 1. FUNZIONE
 2. DERIVATA PRIMA
 3. DERIVATA SECONDA
 4. INTEGRALE
        QUALE VUOI?■
```

Immaginiamo di volere la rappresentazione grafica della funzione; battiamo la scelta 1 e ipotizzando di voler studiare la nostra funzione nell'intervallo $-10 < x < 10$ e $-1{,}2 < y < 1{,}2$. Sullo schermo partendo da sinistra

comincerà a delinearsi l'andamento della funzione che a calcolo ultimato apparirà come nella Fig. 17.

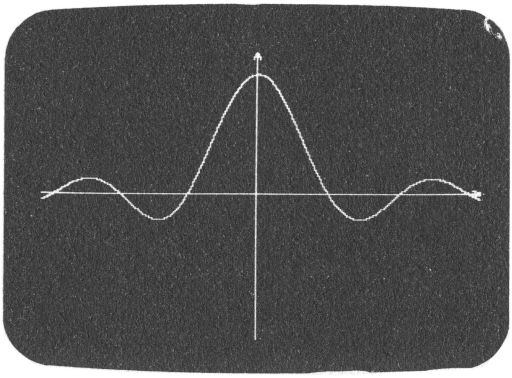


Fig. 17

Ritornando al menu, così si chiama in gergo la lista delle opzioni che un programma offre, scegliamo questa volta la rappresentazione della derivata prima, e ecco che sul grafico precedente, che abbiamo conservato, a partire dalla sinistra comincia a delinearsi l'andamento della deri-

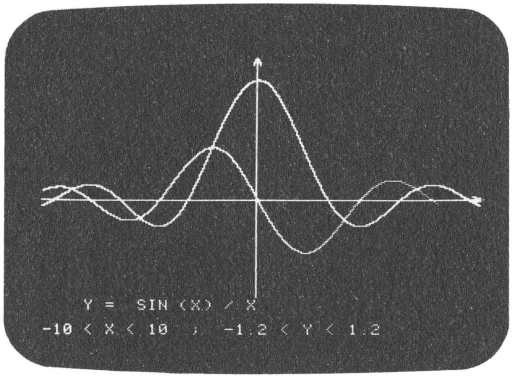


Fig. 18

vata prima. Sarà agevole all'insegnante spiegare e all'allievo capirne l'andamento rispetto alla funzione, i massimi, i minimi, e i punti di flesso. Alla Fig. 18 diamo l'andamento della funzione $y = \sin(x)/x$ e della sua derivata prima.

Se l'allievo non comprende la spiegazione dell'andamento della funzione può ripeterne in pochi minuti la rappresentazione grafica. La facilità con la quale è possibile cambiare la funzione, la rapidità di esecuzione del calcolo, la prontezza e inesorabilità di segnalazione degli errori dello studente, ad esempio gli errori di battitura o gli errori nel fissare l'intervallo nel quale si vuole rappresentare la funzione, fanno di questi programmi degli strumenti insostituibili per un insegnamento moderno.

Questo materiale didattico può essere usato tanto dall'insegnante quanto dallo studente; per il primo rappresenterà un importante aiuto durante l'ora di lezione. Con l'utilizzazione di programmi simili a quello presentato l'insegnante potrà eseguire un discreto numero di studi di funzione variandoli secondo le sue esigenze didattiche. Per il secondo, lo studente, questo programma e programmi simili a questo potranno essere validi ausili per sviluppare le capacità logiche. Liberati dalla fatica del calcolo gli studenti potranno ripetere quante volte crederanno le esercitazioni per studiare funzioni sempre nuove e diverse. Si impadroniranno così di conoscenze che aprono campi e orizzonti ben più ampi di quelli consentiti dall'insegnamento basato sulla tecnologia della carta

```
*** STUDIO DI FUNZIONI POLARI ***

INSERIRE UNA FUNZIONE NEL PASSO 100
(R IN FUNZIONE DI T ).

--ISTRUZIONI--
PER UN ALTRO GRAFICO:          "RUN"

---------------------------------------
100 R =  COS (T)
VUOI CAMBIARLA? SI
```

e della penna. Ciò consentirà di estendere la spiegazione anche a parti meno esplorate o non toccate dai programmi, come lo studio delle funzioni polari. Vediamone un esempio prima di concludere questo paragrafo. Anche in que-

sto caso il procedimento di esecuzione del programma è assai facile. Dato il menu riprodotto qui sopra, si tratta di modificare o meno la funzione scritta nella riga 100 del programma e che nel nostro caso è $R=\cos(T)$. Immaginiamo di sostituirla con $R=\cos(3T)$ (v. Fig. 19), e successivamente con $R=\cos(3{,}14T)$ (v. Fig. 20) dove 3,14 non ha nessun significato particolare se non di un numero maggiore di 3 e minore di 4.

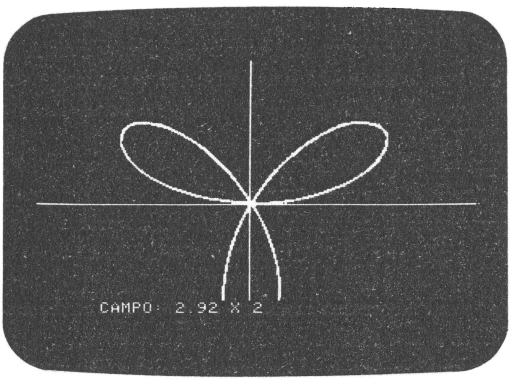


Fig. 19

Nel secondo caso oltre a una funzione difficilmente rappresentabile con la tecnologia della carta e della penna, abbiamo anche uno splendido disegno.

Questi esempi ci dimostrano quanto importante possa essere portare l'elaboratore nella scuola. Naturalmente ciò non deve far pensare che l'elaboratore possa fare tutto e sostituire tutto; al contrario esso sarà uno strumento e un mezzo tra tanti, e soprattutto non sostituirà l'insegnante, ma ne esalterà il ruolo e la funzione, anche nell'ipotesi di software didattico fortemente interattivo.

Se poi si prende come riferimento la categoria che abbiamo chiamato *imparare con l'elaboratore*, allora è possibile rendersi conto di come la funzione dell'insegnante sia enfatizzata dalla presenza del computer: attorno ad

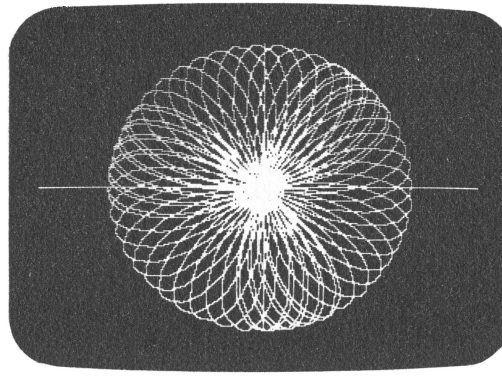


Fig. 20

esso si crea un ambiente che favorisce la conoscenza e l'apprendimento. Se ci si riferisce al LOGO ci si rende conto di come sia possibile costruire una biblioteca molto articolata di programmi e di strumenti per insegnare. Abbiamo già detto che LOGO non si esaurisce in una cassetta o un dischetto che contengono il linguaggio e nel manuale di istruzione. LOGO è un vero e proprio metodo pedagogico nuovo per fare scuola che consente di superare molti degli ostacoli e dei problemi posti dall'introduzione dell'elaboratore nella didattica. Uno dei pericoli dell'insegnamento attraverso l'elaboratore è che si determini un rapporto allievo-macchina abnorme, un rapporto di dipendenza che oltretutto va a scapito di quella attività di socializzazione che a scuola si deve compiere. Con LOGO questo pericolo è evitato, in quanto LOGO può essere vissuto soprattutto dagli allievi più piccoli come un grande gioco.

Con questi mezzi l'elaboratore verrà « appreso » fin dai primi gradi dell'istruzione. È evidentemente l'approccio del futuro: LOGO può essere usato, ed è usato negli Stati Uniti, a partire dai quattro anni di età. I bambini che usano LOGO impareranno l'informatica e l'elaboratore non in termini di bit di bytes, ma agendo su una tastiera,

disegnando figure geometriche, assimilando l'informatica, sviluppando le capacità di percezione, di ragionamento e estetiche.

Diamo a conclusione di questo paragrafo un altro esempio di programma di LOGO, per chiarire queste ultime affermazioni. Il programma è per la verità molto noto e si può eseguire con altri linguaggi, come ad esempio con il Pascal e con il PILOT. Con LOGO si costruisce in modo molto semplice. Ecco come si presenta in LOGO:

```
TO SPIUNO :LATO :ANGOLO
FD :LATO
RT :ANGOLO
SPI :LATO + 1 :ANGOLO
END
```

Variando l'angolo si possono creare disegni geometrici molto curiosi e suggestivi. Nelle figure che seguono ne riportiamo alcuni esempi.

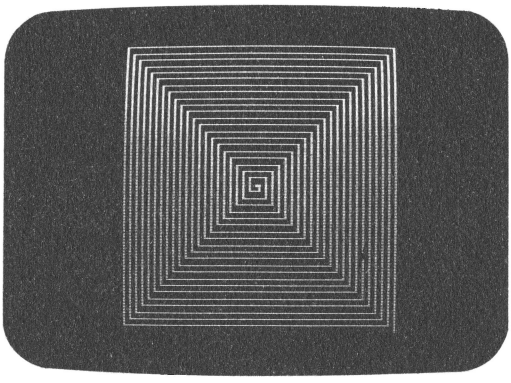


Fig. 21

Alla Fig. 21 avremo battuto sulla tastiera l'istruzione SPIUNQ 1 90. SPIUNO è il nome del nostro programma e significa SPIrale UNO. Infatti questo programma è il primo di una serie dedicata alle spirali che abbiamo sperimentato. Il valore 1 è la lunghezza del lato che a ogni svolta sarà incrementata di 1; il valore 90, come si

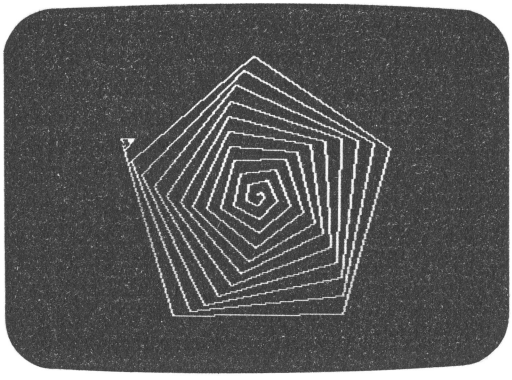


Fig. 22

desume dalla penultima riga del programma e dalla figura è l'angolo retto.

Nella Fig. 22 l'istruzione che è stata data all'elaboratore è stata SPIUNO 1 72. Quindi questo è il disegno che si ottiene con un angolo di 72°.

Mentre nella Fig. 23 l'istruzione che abbiamo battuto sulla tastiera è stata SPIUNO 1 178. Il valore di 178° dà questo splendido andamento al nostro disegno.

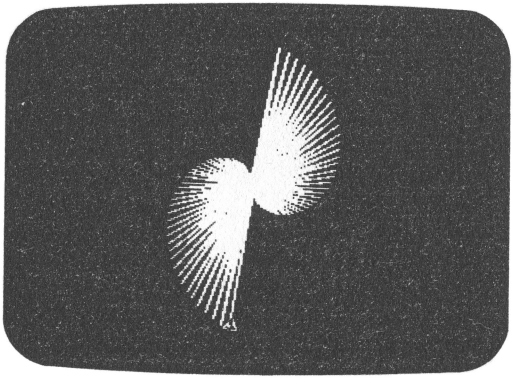


Fig. 23

Le possibili combinazioni grafiche che abbiano un certo significato estetico sono circa una trentina. Evidentemente non rientra nei limiti di questo libro riportarle tutte.

Al di là della cattedra: gli studenti

Gli allievi sono nel loro insieme l'elemento nel panorama della didattica che più è cambiato negli ultimi anni. Il maggior agente di trasformazione, che opera ovunque, intervenendo praticamente su tutti gli studenti è la televisione. Non diamo per il momento un giudizio di valore sul mezzo, diciamo che questo mezzo ha provocato un effetto, un cambiamento di cui occorre tener conto. Ora i ragazzi arrivano a scuola e vivono nella scuola possedendo, inconsapevolmente, i codici espressivi del linguaggio visivo. E questo ovunque arrivi la televisione e ovunque il bambino passi una parte più o meno cospicua del suo tempo davanti al piccolo schermo. Un tempo il ragazzo arrivava a scuola e apprendeva i codici espressivi dalla parola scritta; questo processo era lento e si evolveva a mano a mano che si procedeva con l'insegnamento. Non tutti riuscivano in questa azione che ha come risultato finale l'utilizzazione di quei codici per esprimersi anche con lo scritto. I codici espressivi del linguaggio visivo erano collegati a realtà culturali, come il cinema, che il ragazzo incontrava solo più tardi e non massicciamente. Oggi, viceversa, il ragazzo viene messo fin dalla più tenera età a contatto con il piccolo schermo e ne assimila il messaggio di comunicazione.

Per quanto povero sia il messaggio contenuto nella pubblicità, nei cartoons giapponesi, nei film, esso si sviluppa secondo canoni e leggi di racconto che passano al bambino e al ragazzo. Egli li assimila senza rendersene conto. In conseguenza di ciò, il bambino e il ragazzo acquistano con l'immagine una dimestichezza impensabile in altri tempi. Un tempo questa funzione era svolta dall'illustrazione (spesso vecchia e brutta) contenuta nei

libri. Ora è il linguaggio televisivo a prevalere, basato su illustrazioni in sequenza, che danno l'informazione del movimento. Per poter competere con la televisione, l'illustrazione del libro, nella sua staticità, deve trasmettere un messaggio, deve avere un contenuto superiore alle immagini in sequenza.

Ma ritorniamo ai codici espressivi del mezzo televisivo e al fatto che essi sono assunti dal bambino e dal ragazzo inconsapevolmente. Inconsapevolmente il ragazzo assume attraverso il piccolo schermo la rappresentazione di un mondo che è sempre più artificiale, meccanico, schematico, sempre meno naturale. Il sopravvento del meccanico sul naturale è crescente. È una percezione che si ha anche osservando il mondo reale. Ma questa condizione del reale è distillata e espressa dal piccolo schermo attraverso i codici del linguaggio visivo e attraverso l'affermazione di nuovi valori.

Le generazioni più giovani non hanno percezione di questo cambiamento. Esse assimilano direttamente, spesso senza confrontarli criticamente con il passato, i nuovi aspetti della realtà che ci circonda, anche quelli che negli adulti provocano difficoltà di comprensione e spesso qualche reazione negativa, per la sempre più massiccia presenza di ciò che è costruito e artificiale, rispetto a ciò che è spontaneo e naturale.

Non ci si deve quindi meravigliare di fronte alla predisposizione — senza tener conto di queste considerazioni apparirebbe magica — che i giovani mostrano per comprendere il funzionamento di oggetti e meccanismi nuovi: li comprendono, a noi sembra, istintivamente, poiché li individuano come parte di una realtà nuova che hanno imparato a decodificare.

L'elaboratore fa parte di questa realtà. Arriva ai giovani con valenze positive sin dai primi messaggi contenuti nei cartoons. L'elaboratore è l'espansione della mente dell'uomo: un messaggio che ora si fa sempre più concreto. Con la diffusione del personal computer, con la sua volgarizzazione attraverso le riviste specializzate, con la sua distribuzione, le possibilità di contatto con l'ela-

boratore si moltiplicano. Chi non ha notato, visitando una qualsiasi mostra dell'informatica, folti gruppi di ragazzi attorno agli elaboratori personali, intenti a programmare? chi non conosce l'abilità con la quale i giovanissimi dominano i giochi elettronici ormai presenti dovunque, quei giochi che hanno spodestato i flipper?

Che dire poi del cubo di Ernö Rubik, un gioco divenuto popolare in tutto il mondo? Non è un mistero per nessuno che i giovani e i ragazzi non abbiano problemi per ricomporlo nelle sue più articolate geometrie, mentre per altri delle generazioni precedenti la soluzione anche più semplice, quella di una faccia, può presentare difficoltà insormontabili.

Se ciò avviene è perché le generazioni più giovani hanno assunto con facilità il modo di decodificare i simboli e i meccanismi di una realtà nuova, tecnologica, sempre più meccanica, che costituisce una parte sempre più preponderante del reale. Di questa realtà fanno parte ormai il mini, il personal, l'home computer, i nuovi strumenti con i quali molti ragazzi hanno familiarità. Basta sfogliare le riviste dedicate alla microinformatica per rendersene conto. Negli annunci sono frequenti i casi di giovanissimi che vogliono creare club, scambiare giochi, programmi ecc. Come è arrivato a loro il personal computer? Probabilmente attraverso la famiglia: molti infatti svolgono attività di lavoro che hanno attinenza con gli elaboratori. Forse in altro modo, attraverso le riviste, il cinema, la televisione o gli amici.

Si dirà che questa percentuale di giovani è ancora molto ridotta. Nel nostro paese, è vero, non sono ancora molti i giovani che possono accedere a un personal computer. Certo, però, è molto più grande di quanto non si creda il numero di coloro che già condividono i valori della nuova cultura tecnologica nella quale il computer è inserito.

Rispetto a ciò, la cattedra può diventare una barriera, tra un insegnante, spesso colto e preparato, ma non disponibile per comprendere i valori di una realtà e di un mondo in profonda e rapida trasformazione, e gli allievi.

Capitolo secondo

L'EDITORE DI FRONTE AI PROBLEMI POSTI DALLA CREAZIONE DI SOFTWARE EDUCATIVO

Difficoltà e problemi

« Quando l'autore non vuole stampare a suo rischio, deve trattare con un editore, il quale prenda sopra di sé le spese d'un'edizione composta d'un certo numero di copie; ma non dovrebbe però in nessun caso disfarsi della proprietà della sua opera. Se quest'opera contiene tavole incise in legno o in rame, dovrà dichiararsi nel contratto, che esse rimarranno proprietà dell'autore, il quale potrà servirsene per le seguenti edizioni. Spesso il contratto è fatto in tal modo, che l'editore anticipa il danaro, e si espone a tutti gli eventi, con la condizione di dividere gli utili con l'autore. » [1]

Charles Babbage quando rifletteva sulla sua posizione di autore e scriveva il brano che abbiamo appena riportato non avrebbe mai immaginato che queste sue parole si sarebbero potute applicare meravigliosamente bene a un nuovo modo di fare editoria che si sarebbe realizzato più di un secolo e mezzo dopo, grazie anche alla sua ricerca scientifica. Infatti, oggi che un numero sempre più grande di editori si occupa della produzione di software, e anche in relazione al software non personalizzato e al software didattico in particolare, i giuristi concordano nel regolarlo secondo la disciplina del diritto d'autore. Si distinguono così ancora una volta i due ruoli

[1] Charles Babbage, *Sulla economia delle macchine e delle manifatture*, Gabinetto Scientifico del Vieusseux, Firenze 1831, p. 254.

dell'autore e dell'editore, connotato il primo dalla creazione di un'opera d'ingegno coperta appunto dal diritto d'autore e il secondo da una attività di commercializzazione. E il rapporto può essere quindi regolato dal contratto di edizione, con tutto quello che precede e ne consegue.

Resta da vedere se debba essere l'editore tradizionale a assumersi questo nuovo ruolo o se questo non possa essere assunto dalle software house, o meglio, come è opinione di chi scrive, se le software house non possano più appropriatamente rivestire il ruolo dell'autore.

L'editore in quanto organizzatore culturale possiede la struttura necessaria, e la più idonea, per conseguire lo scopo di produrre un software educativo. L'editore scolastico, in particolare, svolge da sempre il compito di realizzare progetti editoriali educativi e vi porta tutte le competenze tecniche e commerciali necessarie al loro successo, anche economico.

È naturale quindi ritenere, in linea di principio, che gli editori si occupino della produzione di software didattico, in quanto meglio di altri possono assolvere a questo compito. Meglio delle software house, cioè di quelle organizzazioni sviluppatesi soprattutto per la produzione e l'adattamento dei programmi gestionali dei calcolatori, le quali non avrebbero quelle possibilità di commercializzazione e di grande diffusione che l'informatizzazione di massa richiederà nei prossimi anni. Meglio dei costruttori, e per le ragioni ora dette, e per il fatto che i costruttori sono portati a creare un software specifico per una determinata macchina; software che, evidentemente, non hanno nessun interesse a sviluppare anche per le macchine della concorrenza.

Alcuni editori hanno accumulato nei loro cataloghi e nelle loro strutture, in anni di produzione di testi educativi, un'esperienza di contenuti e una prassi didattica ben maggiore di quella di cui dispone qualsiasi software house. Questa esperienza può essere un punto di partenza assai solido a condizione che gli editori siano disponibili ad acquisire ulteriori competenze, ad esempio nel

campo della elaborazione elettronica dei dati, o delle tecniche di educazione assistita dall'elaboratore. D'altra parte è forse proprio alla mancanza di esperienza didattica, quella che gli editori invece possiedono, che si deve ascrivere la carenza di valori pedagogici che presentano certi prodotti definiti educativi, che oggi sono reperibili sul mercato.

L'introduzione dell'uso dell'elaboratore nella didattica si giustifica solamente se vi è un miglioramento nella qualità della istruzione. E poiché è dimostrato che l'hardware rende possibile questo miglioramento, allora non si devono risparmiare sforzi e iniziative per sviluppare un buon software; e chi può farlo, avendo la migliore e maggiore esperienza educativa, è l'editore.

Ma se è vero che l'editore è deputato a occupare questo spazio, per le affinità che tale attività presenta con quelle che già svolge, è anche vero che il passo verso la realizzazione di software educativo non è automatico. Non tutti gli editori scolastici potranno dedicarvisi o vorranno dedicarsi subito alla realizzazione di questo tipo di programmi. I problemi che si prospettano in questo nuovo settore di intervento faranno sì che solo una parte sarà incline a mettersi nell'impresa, mentre un'altra ne resterà scoraggiata.

Si è parlato di problemi e di difficoltà; vediamo di elencarli sommariamente per poterli poi analizzare in successione. In primo luogo esistono per gli editori difficoltà di ordine teorico e culturale; quindi ostacoli che si oppongono a una collaborazione allargata, che è fondamentale in un settore così nuovo; poi problemi collegati al mercato; problemi di tipo tecnico relativi alla costruzione del software, alla sua standardizzazione, alla sua manutenzione e alle sue nuove edizioni.

Le difficoltà di ordine culturale si possono riassumere nella mancanza di esperienza specifica nella costruzione di quel particolare prodotto educativo che è il software didattico. Né potrebbe essere diversamente dal momento che la teoria dell'educazione assistita da elaboratore è giovane e spesso contraddittoria. Del resto, non è nep-

pure probabile che nel breve volgere di qualche anno si possa procedere, almeno in Italia, a sperimentazioni molto generalizzate in modo da creare quelle opportune mediazioni tra teoria e realtà educativa che si rendono necessarie, paese per paese, situazione per situazione. Per superare questo tipo di problemi occorre una stretta collaborazione tra tutti gli organismi collegati all'istruzione e alla scuola, sia che operino sul piano nazionale sia che intervengano a livello internazionale.

È proprio sul piano internazionale, inoltre, che è opportuno dare risonanza ad alcuni problemi che solamente in quella sede sembrano trovare composizione e soluzioni interessanti. In altri termini è indispensabile stabilire tra gli editori, e più in generale tra i produttori di software, una collaborazione strettissima, dal momento che la progettazione del software ha costi elevatissimi e che i programmi che « girano » sulle stesse macchine nel mondo sono in gran parte coincidenti. I programmi scolastici sono molto simili, almeno per le materie di base, e il mercato educativo più generale ha le medesime caratteristiche. Perché quindi non avviare dei programmi di ricerca comune che consentano una ripartizione degli sforzi e degli investimenti e una divisione del lavoro?

Sempre sul piano internazionale andrebbe affrontato e risolto il problema della standardizzazione del software. Un problema relativamente facile da impostare dal punto di vista tecnico, ma notevolmente complesso da risolvere. Qui per standardizzazione si intende la normalizzazione dell'uso del prodotto, con il che si vuole sottolineare la necessità di giungere a un accordo affinché tutto il software, ma soprattutto il software educativo, venga presentato all'utente allo stesso modo, così che l'utilizzazione avvenga con le stesse modalità.

Non sembri inutile insistere su questo punto. Nella scuola non si può portare un software disomogeneo; sarebbe creare una difficoltà artificiosa a un prodotto che ha già tanti ostacoli da superare per imporsi ad un mondo così difficile e così peculiare. La normalizzazione esiste

per tutto il materiale didattico che ha forma di libro, né può farne a meno il software educativo.

In fondo, Gutenberg e i primi tipografi che lo seguirono sulle orme della stampa con i caratteri mobili dal 1450 in poi, trovarono la strada spianata dagli amanuensi che avevano dato una certa struttura uniforme ai libri da loro ricopiati. E ancora: nei paesi in cui si usa l'alfabeto latino la scrittura si sviluppa da sinistra a destra e di conseguenza le pagine di un libro o di un periodico si sfogliano in senso antiorario. Nei paesi arabi accade l'opposto. In Giappone, come in altre aree culturali, la scrittura si sviluppa non per righe, ma per colonne. In ogni paese, comunque, siamo sempre di fronte a uno standard che tutti indistintamente, produttori e utilizzatori di cultura, hanno accettato. Il libro è sempre organizzato allo stesso modo e con la stessa sequenzialità, persino per quanto riguarda i capitoli e i paragrafi.

Nulla di tutto questo avviene sistematicamente per quanto riguarda il software in generale e per il software educativo in particolare. Tutti i produttori di software hanno cercato di imporre un proprio modo di lettura e di uso; alcuni di questi modi sono simili, quasi mai uguali, ma molti altri differiscono totalmente.

Si può forse tollerare che un prodotto destinato al campo gestionale sia diverso, quanto a uso, da tutti gli altri in commercio, perché in definitiva l'intervento dell'utilizzatore è spesso limitato a un numero più ristretto di programmi ed è ripetitivo; ciò non è vero né accettabile in campo educativo dove i programmi destinati agli stessi studenti e docenti sono in prospettiva ben più numerosi. Non è ipotizzabile che docenti e studenti debbano sprecare tempo ogni volta per imparare a « sfogliare » — ci si passi l'espressione — il software per procedere alla sua utilizzazione.

Così come non si può pensare che alcuni libri di fisica si sfoglino in modo diverso dagli altri e in modo ancor diverso si sfoglino i libri di chimica o i corsi di lingue, così bisogna ottenere che anche il software educativo si

utilizzi in modo uniforme. Certo le macchine vincolano questo processo; tuttavia, compatibilmente con le differenti funzioni della macchina, si può realizzare un software uniforme.

Un altro aspetto può confortare invece gli editori. La dimensione del mercato del software è data dal numero delle macchine di un certo tipo e di un certo costruttore, per il quale è stato studiato il software, presenti sul mercato. Mentre però per quanto riguarda le applicazioni commerciali il mercato è di solito minore o uguale al numero delle macchine esistenti, per quanto riguarda il settore educativo istituzionale il mercato potenziale può essere anche maggiore o uguale al numero delle macchine esistenti. Ciò per due ragioni: il numero degli utilizzatori del software, docenti e studenti che possono accedere a una macchina, è molto più alto del numero di computer installati; e inoltre la popolazione studentesca si rinnova di anno in anno.

Questa condizione è sicuramente vantaggiosa per l'editore, tuttavia lo sviluppo di un'attività che porti alla produzione di software educativo richiede tempi lunghi e ingenti investimenti, tali che rendono precario il raggiungimento di condizioni di equilibrio o di redditività nel breve periodo.

Ma c'è un terzo tipo di problemi a cui l'editore si trova di fronte, quelli derivanti dalla portabilità dei programmi. Per « portabilità dei programmi » si intende la possibilità di trasferire un certo software didattico studiato per un certo tipo di elaboratore su altri elaboratori di diverse case costruttrici.

Purtroppo la portabilità dei programmi è molto limitata, anche perché i costruttori di hardware per ragioni di concorrenza tendono a differenziare al massimo il sistema operativo delle loro macchine. Limiti alla portabilità vengono anche dalle caratteristiche della grafica delle diverse macchine e così anche se la grande maggioranza dei personal computer si può programmare in BASIC è tuttavia vero che, per motivi collegati alle capacità grafiche della macchina, i programmi, pur scritti nello stesso

linguaggio, o nello stesso dialetto, devono differenziarsi.

Finché il numero dei programmi è limitato il passaggio da una versione per una macchina a un'altra può anche essere eseguito manualmente, ma con l'aumento dei programmi e con il conseguente moltiplicarsi degli studi per le versioni differenti, all'editore converrà progettare o far progettare un sistema per la conversione automatica dei programmi.

L'ultimo dei grandi problemi che l'editore incontra se vuole dedicare una parte della sua attività alla costruzione di software educativo è quello della conservazione delle edizioni. Riprendiamo l'esempio del libro; in caso di nuova edizione si esamina con l'autore la necessità di procedere ad aggiornamenti, per qualsiasi ragione si rendano necessari, e si ricompongono le parti aggiornate. Esattamente lo stesso accade per il software educativo, con una piccola precauzione in più. Bisogna controllare che il costruttore non abbia modificato la macchina per la quale quel determinato software era stato studiato. Se sì, bisognerà curare due edizioni del programma. Una compatibile con le macchine precedentemente esistenti sul mercato e una per le macchine di nuova versione. Ancora una volta la difficoltà sorge quando il catalogo di un editore aumenta e quando si deve assicurare la manutenzione di un numero elevato di programmi. Ne consegue un impegno redazionale di notevole peso.

In linea di principio quindi si può dire che l'editore meglio di altri può assumersi il compito di produrre un buon software educativo a condizione che superi i problemi che abbiamo elencato e che si presentano a priori.

La creazione di autori di software educativo

Ma naturalmente occorrono anche autori affidabili e sperimentati. Realizzare un buon software educativo non è facile, così come non è facile realizzare un buon libro di testo che sia valido dal punto di vista didattico.

Per il software educativo inoltre occorre che il pro-

gramma sia esente da errori, soprattutto da quelli che si possono celare subdolamente. In un libro una buona correzione di bozze, qualche lettura esterna affidata a « esperti di contenuto », possono risolvere il problema; nel caso del software no, occorre una sperimentazione profonda e ampia per ottenere questa garanzia. Gli errori sono molto più frequenti, insidiosi, difficili da scoprire, più di quanto solitamente non si pensi.

Ecco perché il software educativo è spesso il risultato di un lavoro di gruppo, nel quale sono presenti e rispettate diverse competenze e cioè quelle dell'esperto di contenuto, quelle relative alle capacità di programmazione e quelle redazionali; in quanto un programma, come si è visto sopra, deve essere sviluppato e scritto secondo uno standard comunemente accettato.

L'esperto di contenuto è l'autore in senso stretto. È, nel gruppo, la persona che conosce la materia alla quale viene dedicato il software e la sua didattica. Come nel caso del testo scolastico l'esposizione dell'argomento deve rispettare certi criteri che daranno al testo validità didattica. Si deve pensare che il destinatario finale del software è l'allievo e quindi nulla di quanto si espone deve essere dato per scontato, ma al contrario tutto deve essere definito e spiegato, a meno che non lo si sia già fatto in precedenza. Non è necessario che l'esperto di contenuto sia anche un esperto di informatica. Che conosca le tecniche di programmazione, il linguaggio nel quale si costruisce il corso e le possibilità tecniche e grafiche dell'elaboratore per il quale si programma il corso, è meglio, ma non è indispensabile. Queste conoscenze le deve possedere quell'elemento del gruppo che abbiamo individuato come esperto di programmazione.

Esperto di contenuto ed esperto di programmazione dovrebbero arrivare a uno stadio di lavoro, diremmo, di premontaggio. La responsabilità del montaggio, della concatenazione e della definizione del percorso didattico dovrebbe essere oggetto dell'intervento dell'esperto di redazione. È l'esperto di redazione che si occupa di quegli

aspetti di standardizzazione e di normalizzazione la cui esigenza è stata più sopra ricordata.

Esperto di contenuto e di programmazione possono non identificare necessariamente due persone fisiche distinte, ma due competenze che possono essere, al limite, presenti anche in un'unica persona. Queste competenze non sono facilmente reperibili, soprattutto perché non occorre avere solamente conoscenza tecnica per fare del software, ma anche inventiva e creatività. L'elaboratore personale è uno strumento straordinariamente evoluto e il limite delle possibilità espressive dell'autore è solo nella sua fantasia. Il corso che si realizza tuttavia non deve concedere nulla alla spettacolarità e alla fantasia, non deve essere una serie staccata di immagini che si susseguono sullo schermo. Esperienza di contenuto, esperienza di programmazione, esperienza redazionale devono portare a un risultato che sia valido e significativo dal punto di vista didattico.

Se si vuole procedere oltre nella elencazione dei princìpi che si devono seguire progettando software educativo, bisogna precisare se si intende produrre materiale che sia di supporto all'insegnante o all'allievo, oppure se si intende progettare un corso che sia fortemente interattivo.

Nel primo caso si userà soprattutto l'elaboratore per le sue capacità di simulazione, di modellizzazione e di calcolo. Ma bisognerà che gli autori siano consapevoli che il pericolo principale della simulazione è che essa venga presa dall'allievo per la realtà, mentre ne è soltanto una rappresentazione semplificata. Se questo concetto non è chiaro e se non si danno all'insegnante e all'allievo gli strumenti per comprenderlo, la simulazione su calcolatore si può trasformare in uno straordinario meccanismo per l'amplificazione degli errori.

Se ad esempio si vuole spiegare attraverso la simulazione un determinato e complesso fenomeno della chimica, si può rinunciare a dare qualche parametro non significativo; ma si deve mettere lo studente in grado di approfondire, in un tempo successivo, anche quell'aspetto

che, per esigenze comprensibili e valide, era stato in un primo tempo trascurato. Soprattutto egli deve capire come nell'ambiente elaboratore l'esperimento venga simulato in condizioni di neutralità che non trovano riscontro nella realtà. Ecco perché è opportuno articolare il software didattico in modo che esista un libro accanto al dischetto o al nastro, in cui il fenomeno oggetto di simulazione venga illustrato con il corredo di apparati e fotografie o disegni che si rendano necessari a richiamare la realtà. È così che il software didattico si trasforma in uno degli strumenti più interessanti e più potenti per l'apprendimento, in quanto muta quel veicolo tradizionale di conoscenza che è il libro in un mezzo per contemplare una casistica di simulazione e di calcolo senza limite.

Se invece di realizzare uno strumento di aiuto per l'insegnante e l'allievo ci si propone lo scopo di costruire un corso fortemente interattivo, allora il problema della sua strutturazione cambia di aspetto e si complica.

Anche in questo campo l'esperienza teorica a cui attingere non manca. Ci si riferisce alla nutrita bibliografia esistente nel campo dell'istruzione programmata, una tecnica didattica che ha vissuto alterne fortune e che probabilmente solo con il personal computer troverà il suo strumento di realizzazione, in quanto solo un elaboratore può contenere tutte le risposte e può adeguarsi convenientemente a tutti i comportamenti dell'allievo. Il supporto lo si trova nei lavori di Sidney L. Pressey che con la sua « macchina per insegnare » fin dal 1925 ha aperto la strada a questi tipi di studi e realizzazioni tecniche e pratiche, e a livello più teorico con le opere di Burrus P. Skinner e di Norman Crowder. Oggi il mezzo è un software educativo che mette di fronte un personal computer e un allievo. L'insegnante non viene estromesso, gli competono anzi la parte didattica attiva e la spiegazione e l'intervento quando il calcolatore si blocca perché respinge un allievo. Ciò avviene quando l'allievo non vuole capire, o perché ricorre a sotterfugi identificabili dall'elaboratore o perché non vuole studiare.

Un corso interattivo deve essere personalizzabile, nel

senso che gli allievi devono essere identificati dalla macchina con i loro nomi o con una « parola d'ordine » che può essere assegnata dall'insegnante, e deve essere progettato in modo che ogni singolo allievo proceda secondo le sue capacità di apprendimento, utilizzando eventualmente quei metodi che consentono di seguire strade molto dirette se le capacità dell'allievo sono buone, e di procedere per sentieri e circuiti più lunghi se viceversa le sue capacità sono deboli.

L'autore e i programmatori di questi corsi debbono prima di tutto analizzare il tema di studio e disegnarne il diagramma di flusso, stabilendo ancora una volta quale parte debba essere affidata al libro e quale trasferita all'elaboratore.

Il lavoro che l'autore deve compiere si articola nel seguente modo: 1. esposizione della materia; 2. domande poste all'allievo; 3. un certo numero di risposte possibili entro le quali devono rientrare tutte le risposte date dall'allievo; 4. il commento alle risposte graduato a seconda del tipo di risposta più o meno preciso; 5. il rinvio al passo successivo, che può essere anche relativo al medesimo tema, se il ragazzo ha mostrato di non avere ben capito. Con queste semplici regole è possibile costruire un diagramma di flusso del corso.

Autore e programmatore devono inoltre stabilire numerosi livelli di controllo dell'apprendimento. L'elaboratore deve essere un tutore paziente e inflessibile secondo le occasioni. Paziente in quanto deve saper distinguere l'errore accidentale che anche l'allievo pur bravo, ma distratto, può compiere; inflessibile in quanto deve bloccarsi e rimandare lo studente al libro o al docente se dalle risposte emerge che il ragazzo non ha capito o che è ricorso al sotterfugio del tirare a indovinare.

Quando si progettano corsi interattivi si deve quindi prevedere una gamma di errori di almeno tre livelli. Un primo livello di errore è dato dalla risposta parzialmente esatta (ad esempio se in un corso di lingua si è chiesto all'allievo di individuare il soggetto in una frase e l'allievo ha indicato il soggetto e il verbo); il secondo livello di

errore è costituito da una risposta che denota distrazione (se si è indicata una serie di numeri e si è chiesto all'allievo di determinare la media e l'allievo ha indicato l'ultimo numero che non coincide con la media).

In questi casi l'allievo deve poter ripetere la prova e gli deve venir riproposto un nuovo esercizio. Se sbaglia ancora significa che è fuori strada e allora l'errore è del terzo livello, cioè grave. L'elaboratore si blocca e l'allievo deve ricorrere all'insegnante per la spiegazione e al testo per lo studio.

Potrà così ritornare all'elaboratore che, ad esempio, se l'allievo darà la stessa parola d'ordine potrà non lasciarlo passare, in quanto lo riconoscerà, come uno studente che non è riuscito a superare la prova. L'insegnante dovrà cambiare la parola d'ordine, e solamente così l'allievo potrà proseguire. La macchina lo consentirà se l'allievo avrà effettivamente capito la ragione degli errori che commetteva e se avrà studiato, e l'insegnante avrà uno strumento di controllo dell'apprendimento.

Bisogna ora fare alcune considerazioni sullo stile di scrittura dei corsi. È importante vedere anche questo aspetto poiché è una componente non secondaria né trascurabile della didattica del software. Gli autori, nel progettare le risposte che l'allievo riceve ai vari quesiti, non devono usare uno stile espositivo che sia bamboleggiante. Non serve graduare la validità delle risposte con vezzeggiativi, diminutivi, accrescitivi ecc. Ciò non per ragioni di tipo moralistico, ma semplicemente perché il linguaggio che ne risulterebbe non ha nulla a che fare con il linguaggio che l'allievo è abituato a dividere con l'insegnante quando si trova in analoghe situazioni.

Nessun insegnante si sognerebbe di dire a un allievo, che ha appena intuito la soluzione di un problema al primo tentativo, che è « bravino » o « formidabile » o « fantastico ». Usare questo tipo di linguaggio ripetutamente, impiegare sistematicamente gli effetti musicali che gli elaboratori consentono, per salutare le risposte più o meno esatte date dagli allievi è addirittura dannoso in quanto ha effetti negativi sull'apprendimento. E invece è

facile trovarsi di fronte a frivolezze di questo tipo in alcuni corsi prodotti soprattutto negli Stati Uniti.

Lo sforzo che gli autori devono compiere a livello di linguaggio è quello di portare l'esposizione sempre più verso un dialogo didattico per quanto possibile non ripetitivo. L'architettura del corso dovrebbe essere ricca di esemplificazioni e di casi che facciano comprendere all'allievo le situazioni e la natura dei suoi errori eventuali. È spesso opportuno, inoltre, inserire nel corso un sistema di valutazione, che può essere a punteggio o a giudizio. Ciò permette all'allievo di verificare il grado del suo apprendimento, ma può anche dare all'insegnante un elemento per la valutazione complessiva dell'allievo e degli allievi. Poiché l'elaboratore lo può consentire con facilità è possibile memorizzare i punteggi o i giudizi via via maturati dagli allievi e quindi avere dei criteri di valutazione finali.

Sono possibilità alle quali qui si accenna solo, in quanto lo scopo di questa trattazione è quello di indicare le linee che gli autori possono seguire per creare un buon software educativo, piuttosto che quello di dare dei criteri generali di docimologia.

Realizzato il corso, autori ed editore non hanno ancora terminato il lavoro. È indispensabile che il corso venga sperimentato, come si fa con i libri scolastici. Questa è una operazione fondamentale da compiere; solamente con la sperimentazione si può provare la validità didattica di un software. Il corso cambia di mano: passa da un gruppo che ha svolto le funzioni di autore agli utilizzatori. È così che i problemi emergono. È la via per verificare dove gli allievi si incagliano, senza che ciò dipenda dalla loro attenzione o volontà di seguire il corso; e per vedere se il programma nasconde ancora errori, al di là della competenza dei singoli componenti il gruppo che lo ha realizzato.

Solamente dopo la sperimentazione e le correzioni che questa ha reso necessarie si può scrivere la parola fine al software didattico. Da questo momento per l'editore comincia un nuovo tipo di lavoro, quello del lancio promo-

zionale del prodotto che ha creato e quindi, successivamente, della sua commercializzazione.

Valeva la pena di spendere due parole anche a questo proposito tanto per ribadire come una casa editrice sia la sede ideale per creare e distribuire efficacemente del software didattico.

L'insegnante può essere autore del software didattico che utilizzerà?

C'è chi afferma che non solo gli insegnanti possono essere autori del proprio software didattico, ma che anzi lo debbano essere. La discussione a questo proposito è aperta e il dibattito è ben lungi dall'essere concluso.

È opinione abbastanza diffusa che creare del buon software didattico non sia affatto semplice e che richiede un lavoro di équipe o almeno la stretta collaborazione tra un autore e alcuni specialisti, come si è cercato di far vedere nelle pagine precedenti. Inoltre, in funzione dello sviluppo e della diffusione delle nuove tecnologie didattiche, si potranno trovare sul mercato corsi che coprono tutti i settori di insegnamento. Questi programmi, proprio per i mezzi con i quali saranno stati realizzati, proprio per il fatto che saranno accompagnati da un libro che espone la materia oggetto del corso, avranno maggiori possibilità di essere validi rispetto a quelli costruiti isolatamente dai singoli docenti.

Ciò porterebbe a concludere che è più conveniente acquistare sul mercato quanto è necessario e disponibile piuttosto che costruirlo. Ma si rende opportuno considerare anche altri aspetti del problema.

Intanto va osservato che l'elaboratore è uno strumento didattico straordinario e non si vede perché l'insegnante non debba usarlo in modo diretto e più attivo. Quindi, prima di tutto, l'insegnante che abbia conoscenze nel campo dell'informatica può costruire i suoi programmi utilizzando i linguaggi evoluti come il BASIC o il Pascal o altri. In questo caso è utile che si attenga a quei con-

sigli e a quelle raccomandazioni che sono state indicate per gli autori. Vale a dire che i linguaggi per autori di corsi devono essere usati dagli insegnanti allo stesso modo e con le stesse avvertenze che sono state indicate a proposito della funzione dell'autore nel processo di formazione di software didattico in case editrici, tenendo presente che essi sono di necessità più rigidi degli altri linguaggi.

I linguaggi come PILOT sono, rispetto ai linguaggi evoluti, dei linguaggi semplificati. Con il PILOT è possibile costruire la lezione in modo da porre domande a ogni studente che è in grado di personalizzare il suo intervento battendo il proprio nome sulla tastiera dell'elaboratore. (Il nome può avere la stessa funzione della parola d'ordine di cui si è parlato più sopra.) La lezione viene quindi costruita dando spiegazioni, ponendo domande all'allievo, analizzando le sue risposte, mostrando grafici e diagrammi, dando, se si crede, effetti musicali.

Con il PILOT, inoltre, la lezione può essere costruita in modo da fornire agli studenti che hanno difficoltà di apprendimento un numero limitato di informazioni e a altri, più bravi, possibilità di accedere a materiale didattico più avanzato e più complesso. Questa caratteristica è comunque più o meno presente in ogni linguaggio autore.

Si può dunque essere autori del proprio software didattico? Dopo quanto è stato detto si può rispondere affermativamente a questa domanda, ma nei limiti che sono stati indicati. Essere quindi autori del proprio software didattico non è che un aspetto, forse solamente una tappa del lungo cammino e della lenta evoluzione della educazione assistita da elaboratore.

Una tappa ancora più interessante, uno sviluppo ulteriore lo si avrà con la diffusione nella scuola di linguaggi come LISP, SmallTalk e LOGO. L'adozione di questi linguaggi, alcuni utilizzabili fin dai primi livelli dell'età scolare, collocherà l'insegnante in una posizione ancora più attiva tra gli allievi e l'elaboratore. Grazie ad essi non solamente l'insegnante è autore del proprio software didattico, ma partecipa e elabora un metodo che cresce con

il crescere della conoscenza degli allievi. Siamo nel campo di una nuova pedagogia dell'elaboratore.

Anche in questo settore l'editore può avere un ruolo importantissimo, quello della traduzione di alcuni di questi linguaggi e di LOGO in particolare. Traduzione che presenta problemi non semplici, in quanto richiede un vero e proprio studio epistemologico.

Non basta, a esempio, avere un dischetto o un nastro con LOGO sopra e il manuale operativo che indica le principali funzioni degli operatori e come far muovere la tartaruga. Occorre produrre tutta una letteratura da portare nella scuola per indicare agli insegnanti quali siano le potenzialità di questo metodo.

Conclusione

Il campo è nuovo e affascinante e ancora poco esplorato. L'editore può contribuire a divulgarne gli aspetti e le conoscenze. Occorre fare molto lavoro in questa direzione, a livello di congressi e convegni, ma soprattutto a livello di sperimentazione. Non bisogna lasciare nulla di intentato pur di portare l'elaboratore nella scuola. Ciò richiede mezzi ingenti e uno sforzo che travalica le possibilità di ogni singola parte interessata al problema, se presa separatamente.

La sfida della seconda alfabetizzazione è di fronte a noi, occorre uno sforzo comune e un progetto comune per affrontarla.

INDICE

Parte prima Le prime generazioni della società dell'informazione

I. Una macchina per insegnare: l'elaboratore 1

Un po' di storia, p. 1 - La microminiaturizzazione, p. 6 - Non calcolatore, ma elaboratore, p. 9

II. La rivoluzione dell'informazione 13

Un nuovo ruolo per l'informatica, p. 13 - La telematica, p. 14 - La robotica, p. 18 - La burotica, p. 26 - L'esigenza di formazione nella società moderna, p. 29

Parte seconda Le nuove tecnologie e l'apprendimento

I. Le applicazioni degli elaboratori alla didattica 35

A scuola con l'elaboratore, p. 35

II. Nuove tecnologie e apprendimento nelle scuole 41

I fondamenti, i princìpi, l'impatto sociale dell'informatica, telematica, robotica, burotica, p. 41 - Esercitazioni con l'hardware e con il software, p. 42 - Software didattico interattivo e non. La soluzione dei problemi. Modelli. Simulazione. I giochi didattici, p. 65 - I nuovi linguaggi pedagogici, p. 76

III. Nuove tecnologie e apprendimento nel lavoro 91

Il cambiamento tecnologico e culturale indotto dall'informatica, dalla telematica, dalla robotica e dalla

burotica. Il quaternario, p. 91 - Nuove conoscenze, nuove capacità, nuove abilità. Software per l'informatica, telematica, robotica, burotica, p. 101 - Il cambiamento e la formazione. La soluzione euristica dei problemi. Modelli. Simulazione. Business games, p. 110 - Informazione cognitiva. L'ambiente di lavoro come ambiente di apprendimento, p. 114

IV. Nuove tecnologie e apprendimento in casa e nel tempo libero 117

Il cambiamento nel costume e nell'ambiente. La nuova cultura individuale, p. 117 - Nuove abitudini e nuovi atteggiamenti. Nuove possibilità per lavorare, imparare e per gestire il tempo libero, p. 119 - Possibilità di formazione alternativa a quella istituzionale. Hobbies. Giochi, p. 127 - Informazione cognitiva. L'elaboratore personale e le attività in casa e nel tempo libero. Ambiente di apprendimento, p. 132

Parte terza La scuola e gli editori

I. Portare l'elaboratore nella scuola 137

Ancora un po' di storia, p. 137 - E in Italia?, p. 148 - Le resistenze opposte dalla tradizione, p. 151 - Al di là della cattedra: gli studenti, p. 163

II. L'editore di fronte ai problemi posti dalla creazione di software educativo 167

Difficoltà e problemi, p. 167 - La creazione di autori di software educativo, p. 173 - L'insegnante può essere autore del software didattico che utilizzerà?, p. 180 - Conclusione, p. 182

« A scuola con il computer »
di Egidio Pentiraro

CDE

Questo volume è stato impresso
nel mese di maggio dell'anno 1984
presso la Milanostampa - Farigliano (CN)

Stampato in Italia - Printed in Italy

EGIDIO PENTIRARO

Nato nel 1939, ha maturato una vasta esperienza professionale presso diverse case editrici. Si è sempre occupato di problemi di formazione e di recente ha approfondito lo studio dell'applicazione degli elaboratori alla didattica.

Sovraccoperta di Lidia Ferrara

A SCUOLA CON IL COMPUTER

EGIDIO PENTIRARO